

**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CÁNCER DE MAMA Y CUELLO UTERINO
EN LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI, PERIODO 2017-2021**

DANGELLY CAROLINA QUINTO DÍAZ



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE HUMANIDADES, DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
LABORATORIO DE GEOSALUD
SANTIAGO DE CALI
2023**

**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CÁNCER DE MAMA Y CUELLO UTERINO
EN LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI, PERIODO 2017-2021**

DANGELLY CAROLINA QUINTO DÍAZ

**Trabajo de grado en modalidad de informe de pasantía
para optar al título de Geógrafa**

Director

**Daniel Elías Cuartas Arroyave
Geografo, Phd en Ciencias Ambientales,
director de la Escuela de Salud Pública
de la Universidad del Valle**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE HUMANIDADES, DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
LABORATORIO DE GEOSALUD
SANTIAGO DE CALI
2023**

Nota de Aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Dedicatoria

Dedico especialmente este trabajo a mi madre Ana Díaz, por brindarme su apoyo incondicional, confianza y ser un ejemplo en mi vida. A mi primo Jonathan Díaz quien estuviera orgulloso de verme alcanzar este logro, gracias hasta el cielo por la gran amistad y cariño brindado.

Agradecimientos

A mi familia por ser mi motivación, a mi madre, padre, abuelo y abuela Alicia gracias por sus valores inculcados y por creer en mí, a mi hermana Erica y mis primos hermanos por ser mi pilar y mi mayor alegría, a mi tía Nelly gracias por acompañarme en todo este proceso, por brindarme su amor y dedicación. A mi tía Janeth gracias por todo su apoyo y cuidados. Agradezco a mi primo Santiago, por haberse convertido en mi ejemplo de superación, cuánta admiración siento hacia ti. A mis tíos gracias por ser mis referentes.

Gracias familia por todo su amor.

A mis amigas que me han acompañado en el proceso de formación, a quienes admiro tanto, gracias por su cariño, apoyo incondicional, comprensión y motivación, a todas ustedes gracias por su amistad y el gran equipo de trabajo conformado. A Stephany gracias por su amistad, compañerismo y por todos los conocimientos compartidos.

Finalmente agradezco al profesor Daniel Elías Cuartas Arroyave, por quien siento gran admiración, gracias por brindarme su tiempo y motivación con su manera de transmitir sus conocimientos. Gracias profe por hacerme amar mi profesión.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	1
JUSTIFICACIÓN	2
1. OBJETIVOS	3
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Cáncer de mama y cuello uterino	3
2.2 Geografía de la salud	4
2.3 Análisis espacial	4
2.4 Distribución espacial.....	5
2.5 Autocorrelación espacial.....	5
3. METODOLOGÍA	6
3.1 Área de estudio	6
3.2 Insumos y programas	7
3.3 DESARROLLO METODOLÓGICO.....	8
3.3.1 Consolidación de los datos.....	8
★Depuración.....	8
★Estandarización	9
★Geocodificación	10
3.3.2 Densidad de Kernel	11
3.3.3 Análisis de tendencia espacial	12
3.3.4 Diagrama de caja y bigotes (Box Plot)	12
3.3.5 Autocorrelación espacial.....	13
➤ Mapa de clusters y mapa de significancia	13
4. RESULTADOS	14
4.1 Consolidación de los datos	14
4.2 Análisis de densidad.....	16
4.3 Análisis de Tendencia Espacial	19
4.4 Mapa de caja o boxplot.....	21
4.5 Autocorrelación espacial - I de Moran local	23
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
BIBLIOGRAFÍA	32

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Cuadrantes de asociación espacial.....	14
Figura 2. Visualización de los casos de Cáncer de mama y cuello uterino geocodificados.	15
Figura 3. Mortalidad por cáncer en las comunas de Cali, periodo 2012-2017.	18

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Estado de la dirección residencial.....	9
Tabla 2. Estandarización de los datos.....	9
Tabla 3. Consolidación base de datos.....	15

LISTA DE MAPAS

	pág.
Mapa 1. Localización del área de estudio	6
Mapa 2. Densidad de casos de Cáncer de mama y Cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali, años 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021.....	17
Mapa 3. Densidad de casos de Cáncer de mama y Cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali, periodo 2017-2021.....	18
Mapa 4. Tendencia espacial de casos de Cáncer de mama y Cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali, años 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021.	19
Mapa 5. Tendencia espacial de casos de Cáncer de mama y Cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali, periodo 2017-2021.	20
Mapa 6. Boxplot de Cáncer de mama y Cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali, año 2020.	21
Mapa 7. Boxplot de Cáncer de mama y Cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali, año 2021.	22
Mapa 8. Boxplot de Cáncer de mama y Cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali, periodo 2017- 2021	23
Mapa 9. Concentración espacial de Cáncer de mama y Cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali, año 2020.	24
Mapa 10. Concentración espacial de Cáncer de mama y Cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali, año 2021.	26
Mapa 11. Concentración espacial de Cáncer de mama y Cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali, periodo 2017-2021.....	27
Mapa 12: Población femenina por comuna entre 25-79 años de edad en la ciudad de Santiago de Cali.....	29

RESUMEN

El cáncer de mama y cuello uterino es uno de los eventos priorizados para su vigilancia. La importancia del estudio de la distribución espacial del evento radica en llevar datos estáticos al espacio geográfico, para identificar las zonas con mayor incidencia de este tipo de cáncer, con el fin de obtener intervenciones de control y tratamiento. Del mismo modo, resalta el papel de la geografía en la salud en busca del bienestar social. En la exploración de los datos se aplicó métodos de análisis de exploración de datos espaciales ESDA como: densidad de Kernel, Tendencia espacial, boxplot y autocorrelación espacial. Las representaciones obtenidas mostraron el comportamiento de los casos de forma anual y para todo el periodo. Se halló un crecimiento en el tiempo de casos, una dependencia espacial positiva y se identificaron las zonas que requieren atención y cuidado. La información obtenida se relacionó con la mortalidad por cáncer de mama y cuello uterino del periodo 2012-2017 y la edad de la población femenina de las comunas afectadas, hallando mayor concentración de casos en las comunas con Alta, media y baja población femenina entre 25 y 79 años de edad.

Palabras clave: Geografía de la Salud, Cáncer de mama y cuello uterino, análisis espacial, Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE), distribución espacial, conglomerado, autocorrelación espacial.

JUSTIFICACIÓN

El cáncer de mama y cuello uterino hace parte de las enfermedades no transmisibles (ENT) con mayor carga de mortalidad a nivel mundial. Según Sung, et al. (2021)¹ en el año 2020, el cáncer de mama fue el más diagnosticado a nivel mundial y el cáncer de cuello uterino ocupó el noveno puesto. Dos años atrás, a tenor de Bray, et al. (2018)² el cáncer de cuello uterino era el décimo cáncer más frecuente y el cáncer de mama era el segundo más común, después del cáncer de pulmón.

Este nuevo posicionamiento lanzó la alarma a la Organización Mundial de la Salud³ llevándola a plantear una iniciativa para contrarrestar el cáncer de mama, basada en la promoción de la salud, diagnóstico oportuno y tratamiento. Con lo cual busca “reducir en un 2,5% anual la mortalidad mundial”. Así mismo, compromete a los países a eliminar el cáncer de cuello uterino, implementando la vacunación, detección y tratamiento, con el fin de “reducir más del 40% de los nuevos casos de la enfermedad y evitar 5 millones de muertes relacionadas con ella para el año 2050”⁴.

En este contexto, la importancia del estudio de este evento, el cual hace parte del proyecto “Distribución espacial de eventos de interés en salud pública por localidades en la ciudad de Cali” provee una consolidación de la información del evento, donde datos estáticos notificados, son inmersos al espacio geográfico de la ciudad de Santiago de Cali, llegando a obtener el comportamiento de este tipo de cáncer durante cinco años (2017-2021), e identificando las zonas de aglomeración de este para posibles intervenciones hacia su control y tratamiento.

Del mismo modo, resalta a la geografía como componente intrínseco en los procesos de análisis espacial. Conforme a Pina, et al. (2010)⁵ la aplicación de la primera ley del geógrafo “todo está relacionado con todo lo demás, pero las cosas cercanas están más relacionadas que las distantes” ha hecho que se tenga en cuenta el espacio geográfico, los determinantes socioambientales y agregue la perspectiva espacial a los estudios, logrando obtener explicaciones alternativas. El estudio de cólera de John Snow en Londres es un claro ejemplo del potencial de localización de los eventos en salud.

¹ SUNG, Hyuna, et al. *Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries*. En: *ACS Journals* [En línea]. 4 febrero 2021. Vol. 71, nro. 3. p. 212.

² BRAY Freddie, et al. *Global Cancer Statistics 2018: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries*. En: *ACS Journals* [En línea]. Noviembre 2018. Vol. 68, nro. 6. p. 398.

³ ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. [sitio Web]. Cáncer de mama. [Consultado 20 mayo].

⁴ ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. [sitio Web]. Por un futuro sin cáncer de cuello uterino: por primera vez el mundo se ha comprometido a eliminar un cáncer. [Consultado 20 mayo].

⁵ PINA, Maria, et al. *Epidemiología espacial: nuevos enfoques para viejas preguntas*. En: *Universitas Odontológica* [En línea]. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Julio-diciembre 2010, vol. 29, nro. 63. p. 48.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Caracterizar el comportamiento espacial del cáncer de mama y cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali para el periodo 2017-2021.

1.2 Objetivos específicos

1. Consolidar la información de casos de cáncer de mama y cuello uterino en una geodatabase.
2. Identificar la distribución espacial de cáncer de mama y cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali.
3. Identificar la presencia de conglomerados de cáncer de mama y cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Cáncer de mama y cuello uterino

Conforme a la Sociedad Americana contra el Cáncer⁶ el cáncer de mama es el crecimiento descontrolado de las células mamarias, las cuales forman un tumor en la mama, este puede ser identificado por medio de radiografías o se puede notar como una anomalía en forma de bulto. El cáncer de mama incide con mayor frecuencia en las mujeres, pero los hombres también pueden contraerlo. El Instituto Nacional de Salud considera que “no existe una sola y única causa sino un grupo de factores cuyos efectos actúan sinérgicamente y predisponen el cáncer de mama”⁷ la edad, la obesidad, exposición a radiación, antecedentes familiares, menopausia y embarazo tardío, son algunos de ellos.

El cáncer de cuello uterino, al igual que el cáncer de mama, según la Sociedad Americana contra el Cáncer⁸ surge por el crecimiento descontrolado de las células, las cuales a lo largo del tiempo se transforman en células cancerosas y se alojan en el cuello del útero. Entre los factores de riesgo se halla el tabaquismo, la clamidia, anticonceptivos orales, embarazo a edad temprana, antecedentes en la familia y contraer la infección del Virus del Papiloma Humano (VPH). Este es uno de los riesgos considerables para que se origine, se halla relacionado con una sexualidad activa temprana y tener varias parejas.

⁶ AMERICAN CANCER SOCIETY. [Sitio Web]. Si usted tiene cáncer de seno. [Consultado 21 mayo].

⁷ INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. Protocolo de Vigilancia en Salud Pública Cáncer de mama y cuello uterino [En línea]. Febrero 2016, p. 7.

⁸ AMERICAN CANCER SOCIETY. [Sitio Web]. ¿Qué es cáncer de cuello uterino cervical?, Causas, factores de riesgo y prevención. Julio 2020. [Consultado 21 mayo].

2.2 Geografía de la salud

La Geografía de la Salud es una ciencia aplicada a la salud, cuenta con un enfoque geográfico y busca “comprender el contexto en el que ocurren los problemas de salud, para poder actuar sobre territorios”⁹ e ir en búsqueda del bienestar social con la intervención desde las entidades encargadas en ser garantes en la salud de su población¹⁰. Su desafío, se halla en entender el contexto de la salud-enfermedad y vincularlo con otros posibles factores que puedan alterar la salud¹¹.

Su reconceptualización inicia con las denominadas topografías médicas, las cuales buscaban determinar la relación existente entre el ambiente y la enfermedad. La información recolectada de características físicas, sociales y económicas del lugar ayudaron a identificar los causantes de la enfermedad. Posteriormente, al descubrir las bacterias, se adopta un enfoque ecológico con la geografía médica, en esta etapa se describe el ambiente con el propósito de hallar las causas y evolución de la enfermedad, propiciando la salubridad del ambiente. Los mapas seguían siendo de gran importancia para el análisis de las enfermedades, identificaban los factores que generaban y propagaban la enfermedad. Cuando la salud fue considerada como el equilibrio del bienestar físico, mental y social, la geografía médica pasó a ser llamada Geografía de la Salud¹².

2.3 Análisis espacial

El análisis espacial estudia todos los componentes del espacio geográfico, define los elementos que lo componen y su comportamiento bajo ciertas situaciones. Para ello, el análisis espacial se nutre de técnicas que pueden hallar relaciones entre los elementos que conforman el espacio estudiado y permite una visión integral del estudio¹³. Buzai (2009)¹⁴ separa la técnica de la herramienta en el análisis de la información. Si se aprecia desde lo temático, “el Análisis Espacial constituye una serie de técnicas matemáticas y estadísticas aplicadas a los datos distribuidos sobre el espacio geográfico. Cuando se lo enfoca desde la tecnología de los Sistemas de

⁹ BARCELLOS, Christovam; BUZAI, Gustavo y SANTANA, Paula. Geografía de la salud: bases y actualidad. En: *Salud colectiva* [en línea]. 2018, p. 3.

¹⁰ PEÑA, Jenny; PERDOMO, Lina y CUARTAS, Daniel. Geografía y salud, una visión de pasado y presente. En: *Entorno Geográfico* [en línea]. Santiago de Cali: Universidad del Valle, enero-diciembre 2013, nro.9. p. 154.

¹¹ BARCELLOS, Christovam; BUZAI, Gustavo y SANTANA, Paula, Op., Cit., p. 4.

¹² PEÑA, Jenny; PERDOMO, Lina y CUARTAS, Daniel. Op., Cit., p. 153.

¹³ MADRID SOTO, Adriana & ORTÍZ LÓPEZ, Lina. Análisis y síntesis en Cartografía: algunos procedimientos [en línea]. 2005. p. 17.

¹⁴ BUZAI, Gustavo. Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica. Sus cinco conceptos fundamentales. En: *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones*. 1 ed. 2009. p. 2.

Información Geográfica se considera su núcleo”, ya que permite trabajar los datos y analizar sus relaciones en el espacio estudiado.

Desde una perspectiva geográfica, su aplicación permite hallar respuestas a fenómenos basados en la localización de sus datos, busca explorar y comprender la información, hallar relaciones, patrones acordes a la distribución y comportamiento de estos; los resultados obtenidos aportan a la toma de decisiones¹⁵.

2.4 Distribución espacial

La distribución espacial se atribuye a una situación donde un conjunto de entidades (puntos, líneas o polígonos) iguales se reparten de forma continua o dispersa en el espacio geográfico. No siempre se halla una distribución homogénea de las entidades, es común que las aglomeraciones sean diferentes en un sector y en otro. A partir de esto se dice que una distribución es puntual cuando hay concentración y es aleatoria cuando hay dispersión de las unidades¹⁶.

2.5 Autocorrelación espacial

La autocorrelación espacial indica si los datos se encuentran concentrados o dispersos en el espacio¹⁷. Para Chasco (2003)¹⁸ existe autocorrelación cuando las características de una variable dependen especialmente de circunstancias externas, como también de las situaciones de sus vecinos más cercanos, girando en torno a la primera ley de la geografía, en la cual Tobler parte del supuesto de que “todo está relacionado con todo, pero las cosas cercanas están más relacionadas que las lejanas¹⁹”.

Se dice que una autocorrelación espacial es positiva cuando las variables presentan las mismas características y se hallan cerca, es decir, los valores altos se hallan cerca de valores altos, y se considera autocorrelación negativa, cuando los valores se hallan cercanos a variables de diferentes características, los valores altos se hallan cercanos a valores bajos y viceversa. En el caso de que los valores se hallen dispersos en el espacio geográfico, se dice que no se presenta autocorrelación espacial²⁰.

¹⁵ ARCGIS PRO. [sitio Web]. Análisis espacial en ArcGIS Pro. ESRI. [Consultado 25 mayo].

¹⁶ BUZAI, Gustavo. Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica. Sus cinco conceptos fundamentales. En: Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones. 1 ed. 2009. p. 4.

¹⁷ GIS GEOGRAPHY. [sitio Web]. Spatial Autocorrelation and Moran's I in GIS. 9 noviembre 2022. [Consultado 22 mayo 2023].

¹⁸ CHASCO CORO, Yrigoyen. Econometría Espacial Aplicada a la Predicción-Extrapolación de Datos Microterritoriales. Tesis Doctoral. Madrid: Comunidad de Madrid. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica. Abril 2003, p. 9.

¹⁹ TOBLER, W. Una película de computadora que simula el crecimiento urbano en la región de Detroit. En: *Geografía Económica* [en Jstor]. Junio 1970, vol. 46, pp. 236.

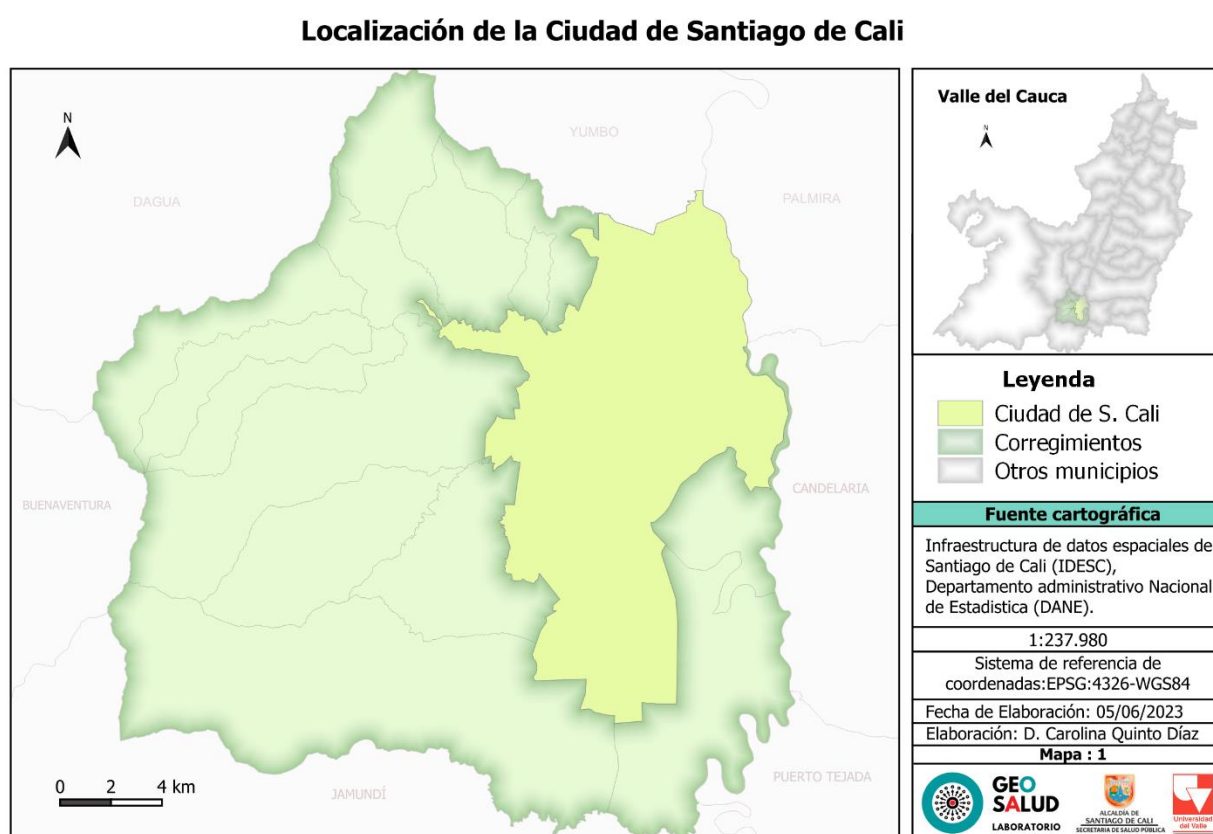
²⁰ CHASCO, Op., Cit., p.50.

3. METODOLOGÍA

3.1 Área de estudio

Se tomó como área de estudio la ciudad de Santiago de Cali, capital del departamento del Valle del Cauca, la cual está compuesta por 22 comunas y un área de expansión urbana, se ubica a 3°27'0" N y 76°32'0" W²¹. Se sitúa al margen izquierdo del Río Cauca, a una altura promedio de 995 m.s.n.m. Presenta una temperatura promedio anual es de 24,6°C y precipitaciones promedio anual de 1140 mm; es considerada la tercera ciudad más poblada de Colombia²². Según el Censo 2018, Cali cuenta con 1.822.869 habitantes, de los cuales el 46,8% son hombres y el 53,2% son mujeres²³.

Mapa 1. Localización del área de estudio



²¹ PRECIADO VARGAS, Mónica & ALDANA OLAVE, Armando. *Análisis de presencia de islas de calor en Santiago de Cali empleando técnicas de teledetección*. En: *Ventana informática* [en línea]. 10 junio 2011, nro. 24, p.100.

²² FERNÁNDEZ CÓRDOBA, Jhonattan & GARCÍA MILLAN, Nathalie. *Caracterización de islas frescas urbanas -IFU- en la ciudad de Santiago de Cali*. En: *Revista Entorno Geográfico*. [en línea]. Colombia: Universidad de Valle, enero-diciembre 2013, nro. 9, p. 123.

²³ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. [sitio Web]. Bogotá: DANE. [Consulta: 2 junio 2023].

3.2 Insumos y programas

Información del evento

El estudio se realizó con la información suministrada por la Secretaría de Salud Pública de Santiago de Cali, la cual se adquirió por medio del grupo de Vigilancia y Demografía en Salud Pública de la Secretaría de Salud. Esta información constaba de una base de datos en formato csv de 4068 casos notificados de cáncer de mama y cuello uterino durante los años 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021 en el municipio.

Para el análisis de la zona de estudio se usaron shapefiles de comunas y barrios, adquiridos del Geoportal de Infraestructura de datos espaciales de Santiago de Cali (IDESC). De forma complementaria en la construcción de la representación cartográfica, se usó cartografía base de los municipios del departamento del Valle del Cauca y de corregimientos, obtenidos de los datos abiertos del Departamento Nacional de Estadística (DANE) y del IDESC, respectivamente. Esto se usó con el fin de mostrar la delimitación de la zona de estudio en las representaciones cartográficas.

QGIS (Quantum GIS)

Quantum GIS es un Sistema de Información Geográfico, una aplicación con software libre, sujeto a modificaciones por un grupo de voluntarios que pertenecen al proyecto QGIS, perteneciente a OSGEO (Open Source Geospatial Foundation). Cuenta con complementos que permiten “visualizar, gestionar, editar y analizar datos”²⁴. Posibilitando el cruce de numerosa información geográfica de diferente tipo, vectorial o raster, la cual es explorada y procesada. Como resultado se obtiene una composición cartográfica que nutre el análisis del estudio. Se puede trabajar con esta aplicación en sistemas operativos Linux, Unix, Mac OSX, Windows y Android²⁵.

Geoda

Es un programa que respalda el análisis con su software libre y gratuito, modela patrones espaciales que manifiestan la distribución espacial²⁶. Fue diseñado para aplicar las técnicas de Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (ESDA), logrando relacionar representaciones cartográficas con gráficos estadísticos, con la “intención de proporcionar una interfaz amigable y gráfica de usuario a los métodos de análisis descriptivo de datos espaciales, tales como estadísticas y los indicadores de valores atípicos espaciales de autocorrelación”²⁷.

²⁴ QGIS. [sitio Web]. QGIS - El SIG Líder de Código Abierto para Escritorio. [Consultado 2 junio 2023].

²⁵ MANCOMUN. [sitio Web]. QGIS: Solución de Sistema de Información Geográfica con Software Libre. Galicia: Iniciativas sobre software libre. 7 febrero de 2018. [Consultado 2 junio 2023].

²⁶ THE CENTER FOR SPATIAL DATA SCIENCE. [sitio Web]. Geoda: an introduction to spatial data analysis. En: Division of the Social Sciences. The University Chicago. {Consulta 2 junio 2023}.

²⁷ ANSELIN, Luc. Guía GeoDa™ 0.9 Manual del usuario. [Guía en línea]. 15 junio 2003, p. 1. [Consultado 3 junio 2023].

Google maps

Es una herramienta de geolocalización de Google, permite buscar y localizar ubicaciones, se puede usar en ordenadores, tablets y teléfonos inteligentes. Cuenta con diferentes vistas de tipo relieve o satélite, las cuales muestran la composición de los lugares buscados. Permite guardar localizaciones, compartir ubicaciones, elaborar mapas, crear rutas y explorar lugares de interés. Para su funcionamiento se nutre de Street view, el cual capta imágenes y de los GPS incorporados en los dispositivos celulares y ordenadores²⁸.

3.3 DESARROLLO METODOLÓGICO

Para facilitar la comprensión del desarrollo metodológico, a continuación, se presenta la metodología para cada objetivo específico.

Objetivo específico 1: Consolidar la información de casos de cáncer de mama y cuello uterino en una geodatabase.

3.3.1 Consolidación de los datos

La consolidación constó de la integración de cuatro momentos esenciales para el tratamiento de la información:

★ Depuración

Se revisaron las direcciones suministradas en la base de datos, se encontraron direcciones no coherentes, direcciones donde solo suministraron el corregimiento, barrio o por el contrario no presentaban una dirección de residencia. Posteriormente, se realizó una clasificación del estado de la dirección, lo que se puede considerar como el primer acercamiento para su geocodificación o no geocodificación, aprovechando la revisión de cada dato.

Para realizar la clasificación se trabajó con las casillas de información barrio y dirección residencial, se usaron abreviaciones con el fin de simplificar la escritura y agilizar el proceso de revisión de cada dato. La **tabla 1** muestra el tipo de abreviación utilizado, el significado de la abreviación y a que corresponde el estado que presentó la dirección.

²⁸ ARIMETRICS. [sitio Web]. Qué es Google maps. [Consultado 21 junio 2023].

Tabla 1: Estado de la dirección residencial

Abreviación de Estado	Significado	Corresponde a
1	Aptos	Datos con dirección de residencia.
2	Barrio	Datos que solo presentan el barrio en la dirección suministrada.
3	Corregimiento	Datos que presentan nombres de corregimientos del municipio en la casilla barrio o dirección residencial.
0	No ubicable	Datos que no presentan dirección o la información no es coherente.
Z	Otros	Datos que pertenecen a otros corregimientos y municipios.
Descartado	Ajuste 6 y D	Datos con ajuste 6: son datos descartados por criterio epidemiológico, por laboratorio o porque no cumplen la condición del caso. Datos con ajuste D: corresponde a datos descartados por error de digitación.

Fuente: elaboración propia

★ Estandarización

Para estandarizar los datos se utilizó el Geocodificador PAI-COVID, de la Secretaría de Salud Pública Municipal de la ciudad, el cual actúa como un normalizador automatizado de direcciones. Se creó un archivo CSV con las casillas Id y dir_res, tomando todos los datos (4068), esto con el fin de que todas las direcciones de la base de datos estén organizadas, incluyendo los datos descartados y no ubicables.

La estandarización reemplazó de forma automática las palabras alusivas a calle por CL y las alusivas a carrera por KR, así mismo reemplazó en algunos casos la letra N por NORTE y unió la letra que acompaña a la vía principal o cruce. Se originó un nuevo archivo, el cual agrega la dirección original y una columna llamada “dirección estandarizada” donde se encuentran las direcciones normalizadas, ver [tabla 2](#).

Tabla 2: Estandarización de los datos

id	dirección_orig	dirección estandarizada
1	CALLE 26 N # 11--33 B	CL 26 NORTE 11 33B
2	K 17 # 23 - 23	KR 17 23 23
3	KR 42 C # 49--65	KR 42C 49 65
4	CALLE 6A 25B-74	CL 6A 25B 74
5	K 21 33 72	KR 21 33 72
6	K 37 # 5B1- 25	KR 37 5B 1 25
7	KR 26P7 103C-25	KR 26P 7 103C 25
8	KR 33B 42-44	KR 33B 42 44

Fuente: elaboración propia

Las direcciones no **normalizadas** por el Geocodificador PAI-COVID, fueron normalizadas de forma manual. Se eliminaron letras, palabras o nombres que acompañaban la dirección residencial, datos extra como número de torre o conjunto residencial, así mismo se cambió la letra “N” por la palabra NORTE o la letra “O” por la palabra OESTE. Del mismo modo las diagonales se cambiaron a DG, las avenidas a AV y las transversales a TV.

Su buen diligenciamiento proporciona la estructura de una base limpia, coherente y ordenada, además provee un mayor grado de localización objetivo del paciente. Es posible que con su mal procesamiento la dirección no se localice y se aproxime a otra categoría de ubicación.

★ Geocodificación

La geocodificación de los datos requiere de los tres momentos descritos previamente: depuración, estandarización y normalización. De su buena operación depende que las direcciones se geocodifiquen, dado que localiza la dirección obtenida en la estandarización y normalización asignando coordenadas “x, y”. Así mismo, puntualiza (crea archivo tipo punto) la información que puede ser vista a través de un software.

En su ejecución se realizó una geocodificación automatizada con el sistema de información Geográfico (SIG) QGIS 3.28.3. El archivo csv con las direcciones fue procesado a través del complemento MMQGIS y la interfase API de Google Maps. El archivo obtenido de esta geocodificación fue verificado punto a punto, se hallaron datos geocodificados a manzanas (mz) y dirección exacta (ok).

Las direcciones no localizadas por el programa fueron geocodificadas de forma manual, por medio de Google Maps. El cual permitió localizar las direcciones por el cruce de la calle y la carrera (cruce-manzana) o encontrando la dirección precisa de la residencia del paciente en la herramienta. Las direcciones no localizadas en la geocodificación manual fueron aproximadas a barrio y a corregimiento, los cuales fueron encontrados en la depuración de la base de datos. Para esto, se sacaron los centroides de los barrios y corregimientos, abriendo la tabla de atributos de las capas, por medio de la calculadora de campos, se generaron en QGIS las coordenadas “x, y” de los centroides de cada barrio y corregimiento. Posteriormente, se ingresaron de forma manual las coordenadas de los respectivos barrios y corregimientos. Cabe mencionar que los corregimientos fueron geocodificados para la consolidación de la base de datos, sin embargo, estos no hicieron parte de la zona de estudio.

Por otro lado, hubo direcciones sin ningún tipo de aproximación posible a realizar, las cuales no fueron geocodificadas y hacen parte de los datos perdidos del proceso. Estas aproximaciones fueron: Descartado por ajuste 6 y D, No ubicables y Otros (ver [tabla 1](#)).

El producto resultante de la geocodificación manual fue un archivo kml, mientras que el archivo que resultó de la geocodificación automatizada fue un shapefile. Para consolidar los datos se llevó el archivo kml a QGIS, se exportó el archivo a formato shapefile, se sacaron las coordenadas “x, y” de los puntos y se procedió a unir ambos archivos.

Todo lo anterior permitió generar un archivo shapefile tipo punto de las direcciones localizadas en la ciudad, como se ilustra en la **figura 2**.

Objetivo específico 2: Identificar la distribución espacial de cáncer de mama y cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali.

En la identificación de la distribución espacial de los casos de cáncer de mama y cuello uterino se utilizaron técnicas de **Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE)**, el cual en concordancia con Chasco (2003) son un “grupo de herramientas estadístico-gráficas que describen y visualizan las distribuciones espaciales, identificando localizaciones atípicas, descubriendo formas de asociación (autocorrelación espacial) que, a su vez, pueden ser de carácter global o local”²⁹. Su aplicación posibilita modelar la realidad del evento mediante representaciones temáticas, potencial adquirido por los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y los Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial (SADE)³⁰. A continuación, se presentan las técnicas usadas:

3.3.2 Densidad de Kernel

Para calcular la densidad se usó la técnica de interpolación Mapa de calor (Estimación de Densidad de Núcleo). Esta determina las áreas de concentración de los casos, percibe la influencia de los datos cercanos y halla su densidad según la cantidad de puntos presentes en una ubicación. Para ello, emplea una serie de intensidades jerárquicas; los colores más intensos muestran concentraciones altas, los colores cálidos son zonas con pocos casos³¹. Estas intensidades varían según la determinación del radio del núcleo, o ancho de banda, puesto que de su selección depende el suavizado de la representación. Un radio pequeño mostrará el estado inicial del punto, un radio muy grande no se asemejará a la realidad. Su aplicación permite interpretar de forma más práctica aglomeraciones de datos o también

²⁹ CHASCO, Op., Cit., p. 5.

³⁰ BUZAI, Gustavo & DELFINO, Hugo. Análisis exploratorio de datos espaciales en el estudio de la relación entre el mapa social y la salud en la ciudad de Luján, Argentina. En: *Revista Geográfica del Sur*. [En línea]. Luján (Argentina): Universidad de Concepción, 2014. vol. 5, nro. 8, p. 10.

³¹ MAPPINGGIS. [Sitio Web]. Cómo crear heatmaps o mapas de calor en QGIS 3. [Consulta: 5 junio 2023].

considerada una densidad continua de estos, que requieren mayor grado de precisión en su estimación³².

En el análisis de densidad se procesó cada capa de puntos, de manera anual y por el periodo estudiado (2017-2021); como radio de análisis se usó un radio de 2 km (0,018°). El kernel empleado fue cuartico, se guardó el archivo ráster y se procedió a ejecutar el algoritmo. Para el archivo generado fue necesario realizar un corte de máscara, dado los casos presentes en los corregimientos que no hacen parte del estudio. En la representación se empleó el renderizador pseudocolor monobanda con una interpolación lineal de modo continuo.

3.3.3 Análisis de tendencia espacial

Se considera que la tendencia espacial es una técnica de representación temática. Dentro del AEDE sobresalen los mapas de cuantiles para la representación de la tendencia espacial, estos destacan el comportamiento de la distribución espacial de los datos, agrupando los casos por cuantiles, que disponen de una similitud en información. En la representación cada intervalo posee un color que identifica mejor el comportamiento del evento³³.

Para su elaboración se contaron puntos (casos) por polígono. Fue necesario crear una cuadrícula del mismo tamaño, debido a que las comunas presentan tamaños desiguales y no guardan homogeneidad en su área. Para ello se creó la capa comunas a partir de la capa vectorial de barrios de la ciudad de Cali. Por medio de las herramientas de investigación de QGIS se compuso una cuadrícula tipo hexágono, calculada a partir de la capa vectorial de comunas para modelar el área urbana. Se usó un espaciado horizontal y vertical de 0,0045°, obteniendo hexágonos iguales. Posteriormente, se realizó el conteo; para la representación, la simbología fue graduada y se clasificó por medio de Rupturas naturales (Jenks).

3.3.4 Diagrama de caja y bigotes (Box Plot)

A Geoda se llevó el conteo por polígonos y se construyó un mapa de caja bisagra 1,5, el cual cumple la función de identificar puntos atípicos, considerados aquellas observaciones de rasgos diferentes de los demás datos, además visibiliza la dispersión y simetría que estos presentan. Su construcción consta de 5 cuantiles descriptivos: el primer cuartil corresponde al 25% de los datos, la mediana al segundo cuartil, el tercer cuartil es el 75% de los datos, y el valor máximo y mínimo³⁴. Estos

³² PÉREZ AGUILAR, Luis. La realización de mapas de densidad para la investigación del poblamiento antiguo. El entorno del Bajo Guadalquivir (SO de España) entre los siglos II y IV d.C. como caso de análisis. En: *DIGITAL.CSIC* [en línea]. Instituto de Arqueología, 2021. p. 146,147.

³³ CORSO SICILIA, Giuseppe; PINILLA RIVERA y GALLEGU NAVARRO, Jaime. *Métodos gráficos de análisis exploratorio de datos espaciales con variables espacialmente distribuidas*. En: *Cuadernos Latinoamericanos de Administración* [en línea]. Colombia: Universidad El Bosque, Julio-diciembre 2017, vol. 13, nro. 25, p. 95.

³⁴ CORSO SICILIA, Giuseppe; PINILLA RIVERA y GALLEGU NAVARRO, Jaime. Op., Cit., p. 96.

se calculan junto con la media de la variable, se obtienen las cotas superior e inferior multiplicando el tercer cuartil por 1.5. Lo obtenido por encima o por debajo de estas cotas es lo que conocemos como puntos atípicos³⁵.

Objetivo específico 3: Identificar la presencia de conglomerados de cáncer de mama y cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali.

3.3.5 Autocorrelación espacial

Como se mencionó en el apartado 2.5 del marco teórico, la autocorrelación espacial es la presencia de aglomeración o concentración de datos. El comportamiento espacial local se representó por medio del método LISA, el cual asigna valores a las concentraciones con relación a sus vecinos más cercanos. Por lo tanto, el **I de Moran Local** cumple la función de contrastar la tendencia espacial anterior o las estructuras de los casos presentados, teniendo en cuenta situaciones específicas, analiza el comportamiento de las unidades espaciales de la ciudad (espacio global analizado) e identifica subzonas donde se presenta aglomeración o dispersión de los casos del evento estudiado y les asigna un valor de significancia³⁶. Este método permitió representar el comportamiento local con:

➤ Mapa de clusters y mapa de significancia

Un Cluster es la concentración de datos en un área determinada, esta concentración puede ser alta (punto caliente) o baja (puntos fríos)³⁷. Para su representación se maneja una clasificación que depende de la media global (ver **figura 1**), el primer cuadrante se clasifica en Alto-Alto, el tercero en Bajo-Bajo, el segundo cuadrante y el cuarto se obtienen al combinar, resultando valores Bajo-Alto y Alto-Bajo. El comportamiento de las aglomeraciones puede ser: Bajo-Bajo al contar con valores por debajo de cero y sus vecinos presenten la misma condición, Alto-Alto si los valores son mayores a cero, estos comportamientos formarán puntos fríos y puntos calientes, respectivamente (su dependencia espacial es positiva). Mientras que los comportamientos Alto-Bajo y Bajo-Alto encuentran valores atípicos y presentan dependencia espacial negativa.

En cuanto el mapa de significancia, valida la situación de la distribución espacial, muestra la probabilidad de que los datos se están agrupando o por el contrario se están presentando de forma aleatoria ³⁸. Para este estudio la significancia presenta

³⁵ CHASCO, Op., Cit., p.38.

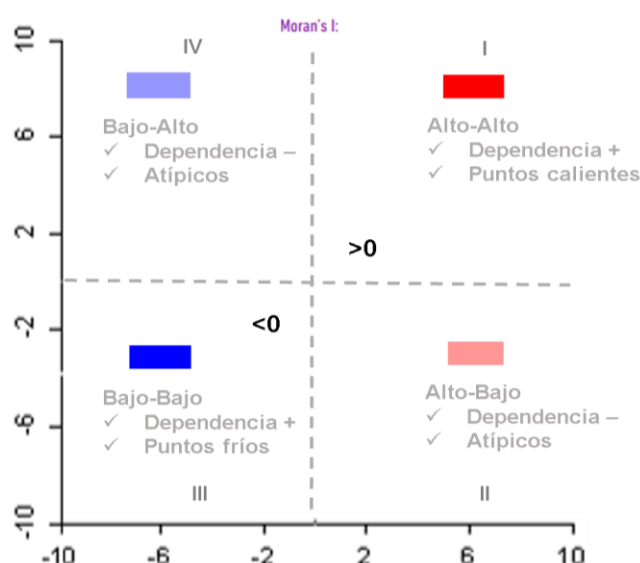
³⁶ SIABATO, Willington & GUZMÁN, Jhon. *La autocorrelación espacial y el desarrollo de la geografía cuantitativa*. En: *Cuadernos de Geografía - Revista Colombiana de Geografía* [en línea]. 27 diciembre 2018, vol. 28, nro. 1, p. 10.

³⁷ ACEVEDO BOHÓRQUEZ, Ingrid & GÓMEZ ÁLVARES, Natalia María. Algunos Elementos para el Análisis de Datos Espaciales: Teoría y Aplicación. Trabajo de grado Maestría en Matemáticas Aplicadas. Medellín: Universidad EAFIT. Departamento de Ciencias Básicas, 2008, p. 83.

³⁸ SIABATO, Willington & GUZMÁN, Jhon. Op., Cit., p. 16-17.

probabilidad de 0,05%, 0,01% y 0,001% lo cual indica que a menor probabilidad no se presenta aleatoriedad de los casos.

Figura 1: Cuadrantes de asociación espacial



Fuente: elaboración propia basado en SIABATO, Willington & GUZMÁN, Jhon. Representación de los cuadrantes de asociación espacial, 2018, p. 16.

4. RESULTADOS

4.1 Consolidación de los datos

La base de datos de cáncer de mama y cuello uterino constaba de **4068** datos, tras el proceso de estandarización y normalización de los datos, se obtuvieron direcciones limpias, sin palabras extra incluidas en su estructura, lo que permitió la geocodificación de **2798** direcciones. De las cuales, 1657 direcciones fueron geocodificadas de forma automatizada (se verificaron punto a punto) y de forma manual 291, obteniendo un total de 1948 datos geocodificados que corresponden a Manzana y dirección exacta (Manzana 519, Ok 1429). En cuanto a las aproximaciones, 772 direcciones fueron aproximadas a barrio y 78 a corregimientos.

No obstante, como se mencionó en el apartado **3.3.1** los corregimientos no hacen parte de la zona de estudio, solo fueron localizados para la consolidación de la base de datos.

Por otro lado, no fueron geocodificadas 1270 direcciones, estos casos corresponden a: 165 datos hallados en el proceso de depuración que fueron descartados por ajuste

6 y D; 796 datos no ubicables; y 309 direcciones que pertenecen a otros municipios (ver **tabla 3**).

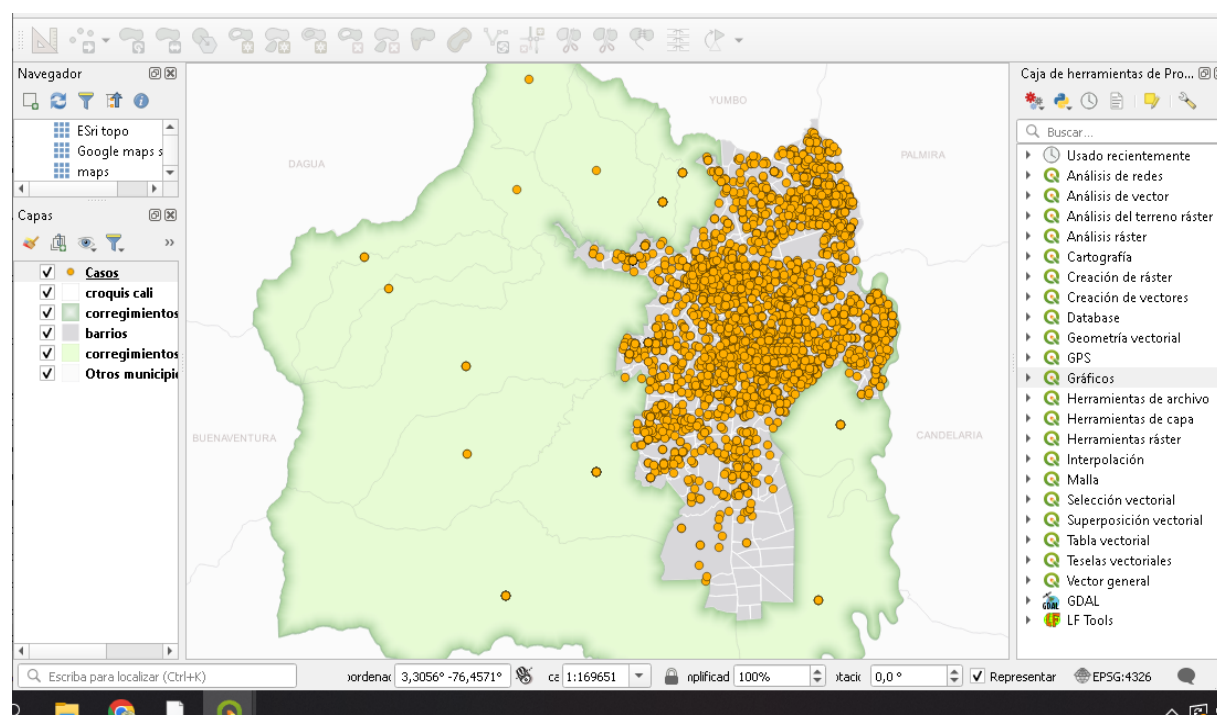
Tabla 3: Consolidación base de datos

Geocodificados	Manzana	519	Datos Zona Urbana (Ciudad)
	Dirección exacta (Ok)	1429	
	Barrio	772	
	Corregimiento	78	Datos corregimientos
No geocodificados	Descartado: ajuste 6 y D	165	Conforman los datos perdidos
	Otros	309	
	No ubicables	796	
Total	4068		

Fuente: elaboración propia

Como resultado del arduo proceso se obtuvieron y crearon archivos vectoriales tipo punto (shapefiles), los cuales proveen el inicio de la exploración de los casos de forma anual y para todo el periodo en estudio. En la **figura 2** se ilustran los casos geocodificados.

Figura 2. Visualización de los casos de Cáncer de mama y cuello uterino geocodificados.



Fuente: elaboración propia

4.2 Análisis de densidad

El análisis de densidad se llevó a cabo para cada año y para todo el periodo en estudio, se usó un radio de análisis en QGIS de 2 km y se clasificó de forma continua. Como se observa en el **Mapa 2** los resultados obtenidos muestran un crecimiento a lo largo del periodo, “a mayor tiempo mayor número de casos presentados en la ciudad”. Inicialmente el año 2017 fue un año benéfico para la salud de las mujeres, sólo presentó cuatro casos notificados en la comuna 10, 3 y 6.

En el año 2018 se presentaron 20 casos, se observan dos concentraciones hacia el oriente y otra en menor medida hacia el occidente de la ciudad. Se aprecia como las comunas vecinas a la comuna 10, las cuales no se encontraban afectadas, iniciaron a poblarse de casos de cáncer de mama y cuello uterino. Para este año las comunas 10,12,13 y 17 fueron las más densas con esta enfermedad silenciosa, seguido de las comunas 1 y 3.

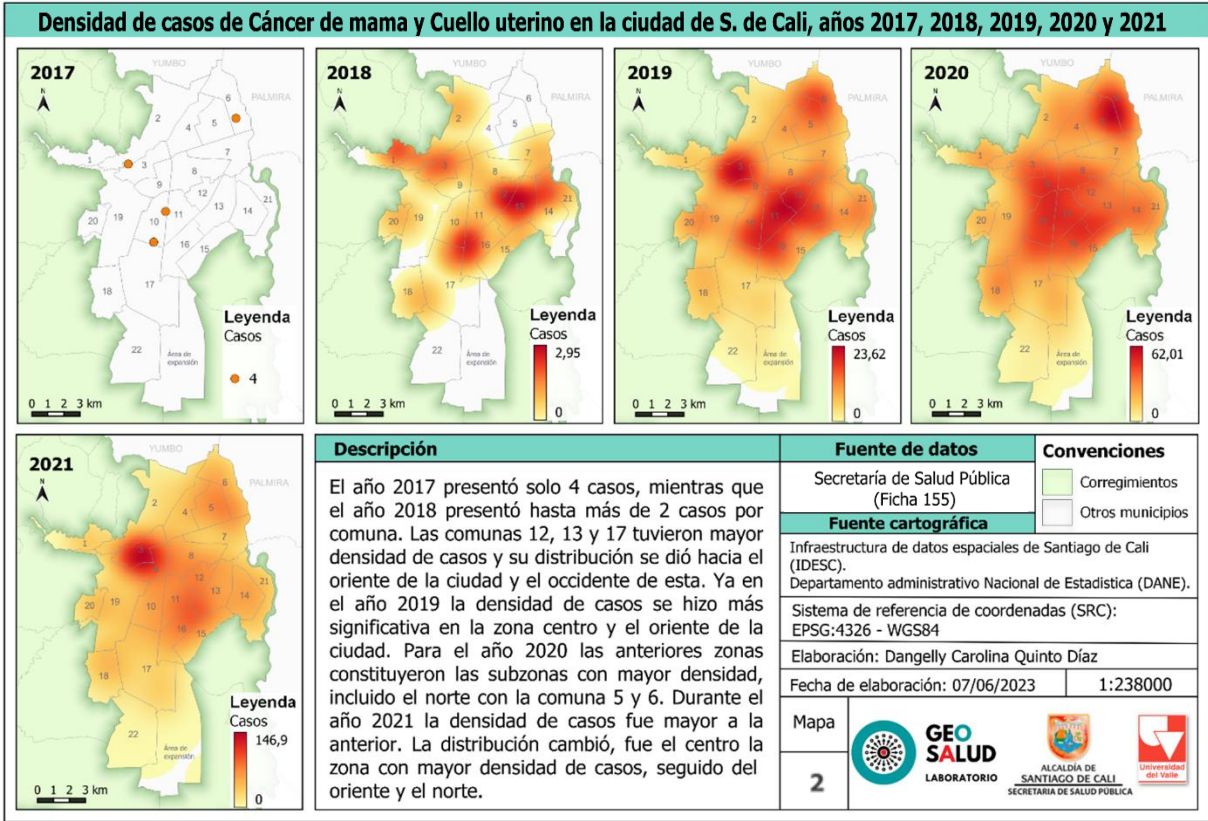
A medida que el color se degrada los casos de las comunas vecinas son menores (comunas 11, 14,16 y 21) y tienden a unirse en efecto hacia el oriente. Mientras que el norte y el sur de la ciudad se hallan libres de casos reportados.

Para el año 2019 se reportaron 302 casos, se observan tres concentraciones distribuidas hacia el norte, centro y oriente de la ciudad. Es curioso como el efecto de unión se cumple y la comuna 11 hace parte de estas áreas densas. Ahora son estas comunas (10,11,12,13,16) y las comunas 3 y 9 las que tendieron a unirse espacialmente. El norte para este año presentó una densidad media. Durante este año el cáncer de mama y cuello uterino hace presencia en casi toda la ciudad.

El año 2020 pasó a tener 914 casos confirmados, presenta una gran concentración en las zonas centro, oriente y otra hacia el norte de la ciudad. Las comunas 5 y 6 constituyeron las comunas más enfermas con cáncer de mama y cuello uterino; a su vez, las comunas del centro y el oriente afectadas durante el año 2019 se unen, lo que indica la concentración de casos en estas zonas.

Finalmente, en el año 2021 se registró una mayor cantidad de casos. Se presentaron 1480 casos, en el que las comunas 3 y 9 son las más afectadas por este tipo de cáncer. La distribución de los casos continuó estando en mayor medida en la zona centro, oriente y norte de la ciudad.

Mapa 2. Densidad de casos de Cáncer de mama y Cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali, años 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021.



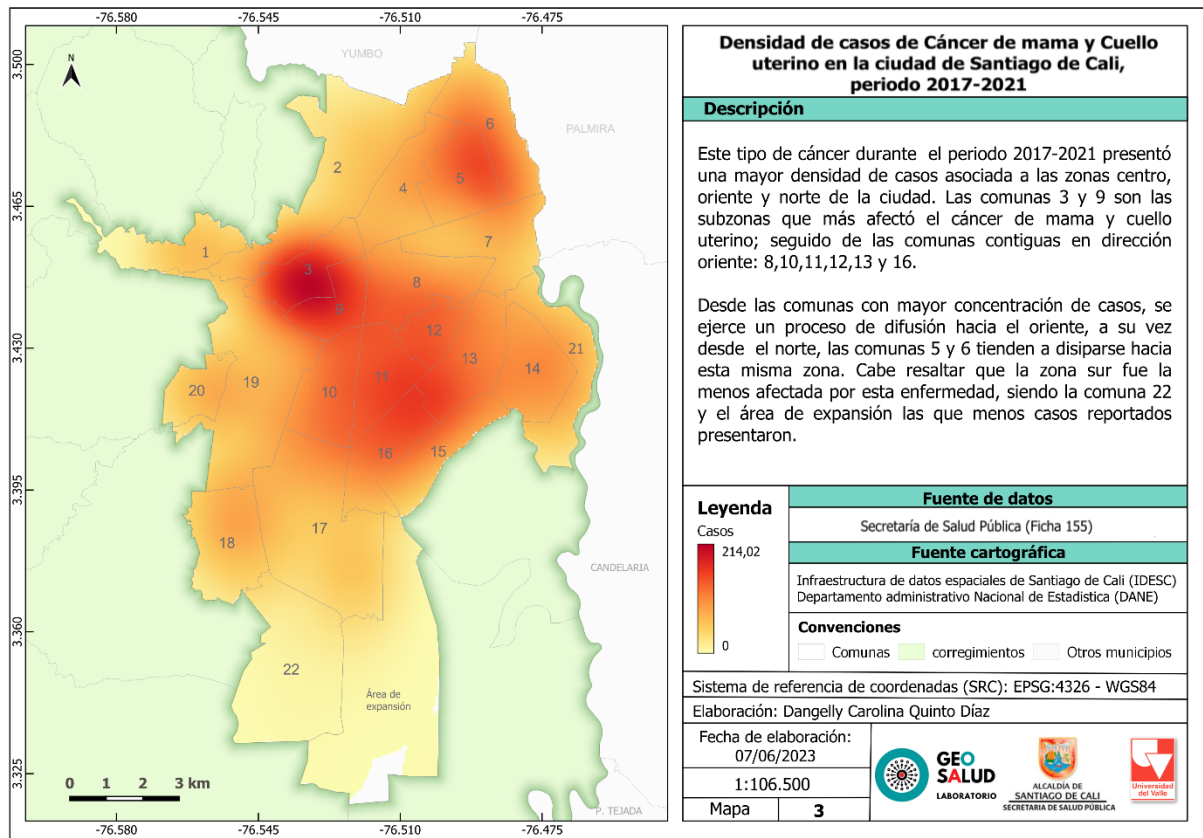
Fuente: elaboración propia

Al analizar los casos por año (**mapa 2**) y observar el comportamiento de los casos durante todo el periodo (**mapa 3**), se aprecia que las comunas 3,6,10,11,12 y 13 diagnosticadas con cáncer de mama y cuello uterino durante los años iniciales (2017, 2018) presentaron concentración de casos a lo largo del periodo (**mapa 2**). Evidenciando a lo largo del periodo una distribución en la zona centro y oriente de la ciudad que no se traslada a otra parte de esta.

Por otra parte, al apreciar la estructura de la ciudad, según el análisis del Observatorio de cáncer de Cali, ver **figura 3**, a cerca de la mortalidad por cáncer de mama y cérvix por comuna durante el periodo 2012-2017, muestra como la comuna 3 donde se observa gran acumulación de casos en el presente estudio, presentó en este período alto riesgo de mortalidad por cáncer de mama y cérvix, mientras que, las comunas 8 y 12 presentaron un nivel de riesgo de mortalidad medio. Respecto al cáncer de cérvix las comunas 13,11 y 16 presentaron alto riesgo de mortalidad. Ahora bien, al cruzar las 2 imágenes de la **figura 3**, se deduce que las comunas mayormente afectadas por incidencia de cáncer de mama y cuello uterino durante el periodo 2017-2021 presentaron gran mortalidad para el periodo 2012-2017³⁹.

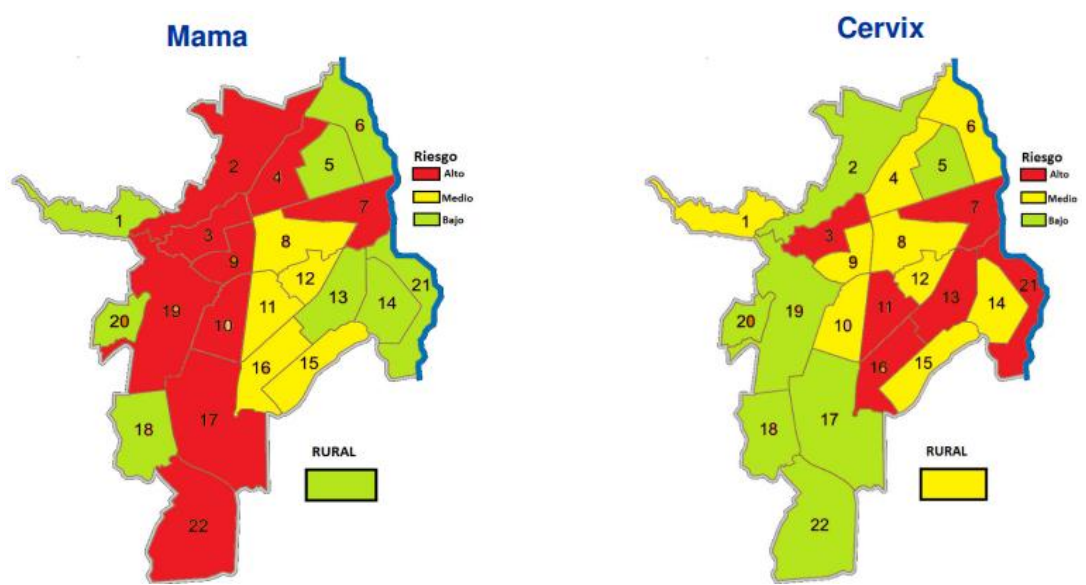
³⁹ ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. Observatorio de cáncer de Cali. [diapositivas]. Cali: Secretaría de Salud de Cali. (S.f.). Diapositiva 11.

Mapa 3. Densidad de casos de Cáncer de mama y Cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali, periodo 2017-2021.



Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Mortalidad por cáncer en las comunas de Cali, periodo 2012-2017.



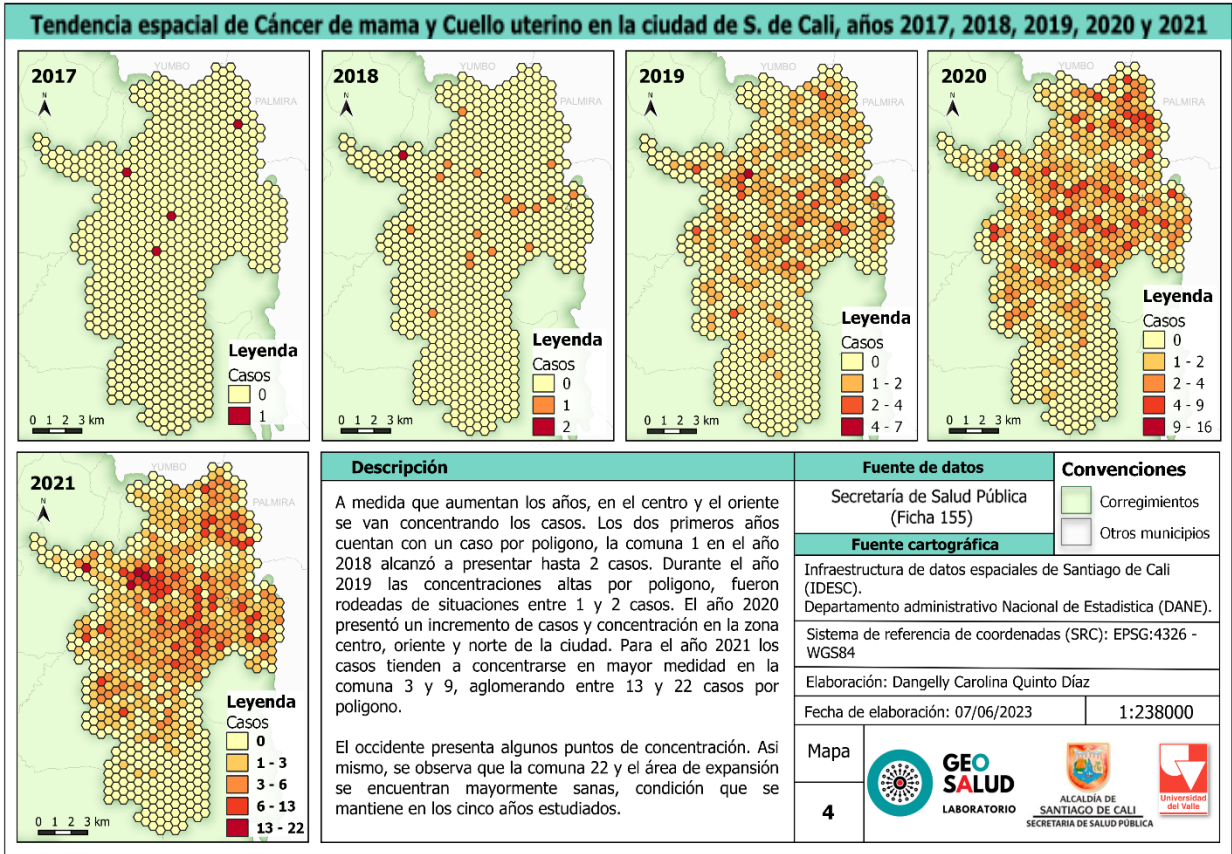
Fuente: tomado de la Alcaldía de Santiago de Cali. Observatorio de cáncer de Cali. [diapositivas]. Cali: secretaria de Salud de Cali. (S.f.). Diapositiva 11.

El crecimiento que tuvo la comuna 5 para el año 2020 (mapa 2) refleja como en zonas donde el riesgo de muerte era bajo, figura 3, para el periodo 2017-2021 fue una de las comunas con mayor aglomeración de casos de cáncer reportados. Sin embargo, se presenta una situación alentadora para las comunas 7 y 21 con menor nivel de afectación, a pesar de que presentaron alto riesgo de mortalidad.

4.3 Análisis de Tendencia Espacial

Este análisis permitió identificar dónde se están concentrando los casos, siendo un acercamiento más claro, debido a que con el anterior método no se contaba con una clasificación de estos. Para ello se realizó en QGIS un conteo por comuna, utilizando una rejilla de hexágonos de 0,0045° y una clasificación por rupturas naturales (Jenks). Obteniendo en la exploración anual del año 2017 una distribución de 1 caso por hexágono y hasta 2 casos por polígono durante el año 2018, estos se consideran los años más sanos del periodo en estudio. El año 2019 muestra los indicios de que los casos tienden a concentrarse en la zona centro de la ciudad, las mayores concentraciones se encuentran al margen de las que menos casos presentan. Posiblemente, estas concentraciones menores son el indicio de futuras aglomeraciones.

Mapa 4. Tendencia espacial de casos de Cáncer de mama y Cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali, años 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021.



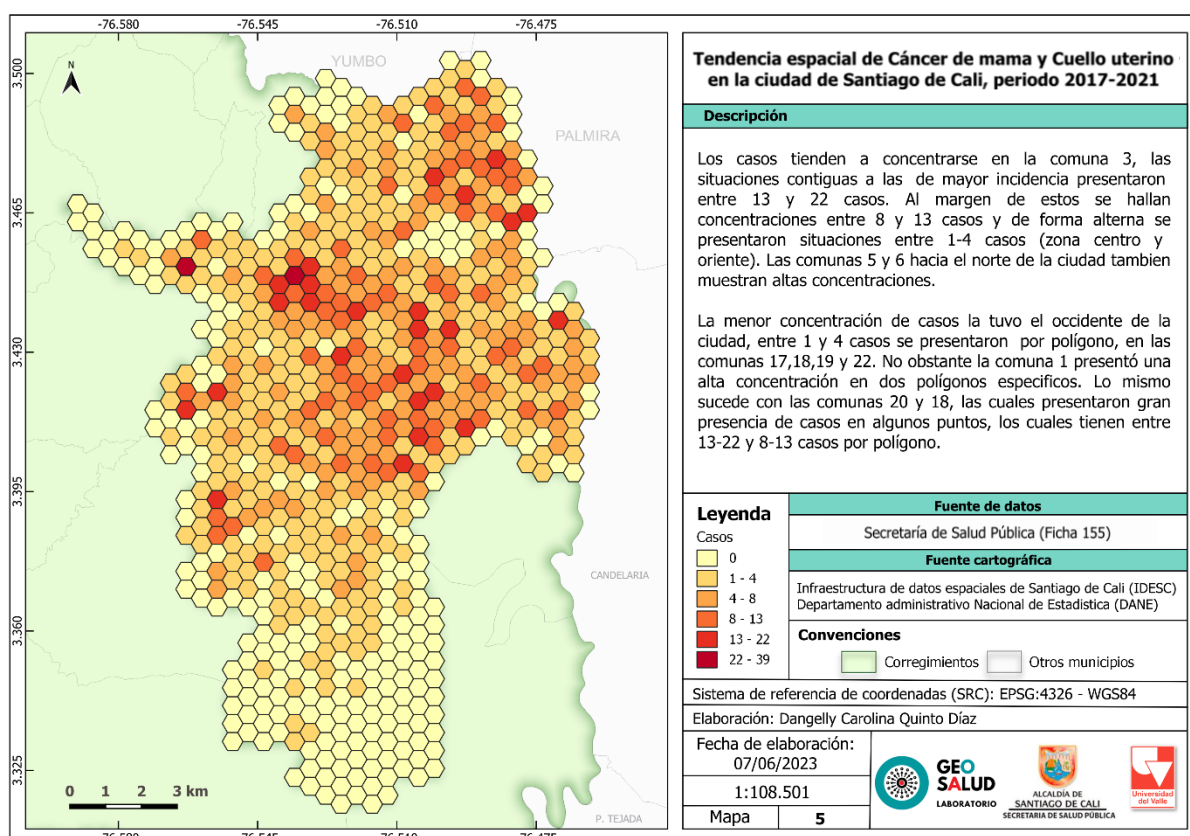
Fuente: elaboración propia

Para el año 2020 los casos no solo tienden a concentrarse en el centro, el norte y el oriente también presentaron concentraciones de hasta 16 casos por polígono. Ya en el año 2021 los datos se concentran en las comunas 3 y 9, ver **mapa 4**; la distribución del resto de casos está más concentrada al margen de las unidades que presentaron mayores casos reportados.

El análisis de todo el periodo (ver **mapa 5**) permite identificar una concentración espacial mayor en la comuna 3, seguido de las comunas contiguas hacia oriente, que corresponden a las comunas 9,10,11,12,15 y 16. Hacia el norte también hay puntos que presentan entre 13 y 22 casos por polígono. Respecto al occidente se observan algunos puntos de concentración altos, pero su entorno contempla la menor disposición de casos presentes en este sector de la ciudad, entre 1 y 4 casos presentados.

Al contrastar este análisis con la exploración anual se identifica que las comunas 1 y 3 presentaron puntos con alta carga de incidencia de la enfermedad en todos los años estudiados. Al igual que en el análisis de densidad se observa que las comunas con casos iniciales fueron incrementando su carga de incidencia al paso de los años, solo en el año 2021 la concentración se hace más notoria en la comuna 3 y 9, seguido de las comunas 6,10,11,12,13,14,15,16.

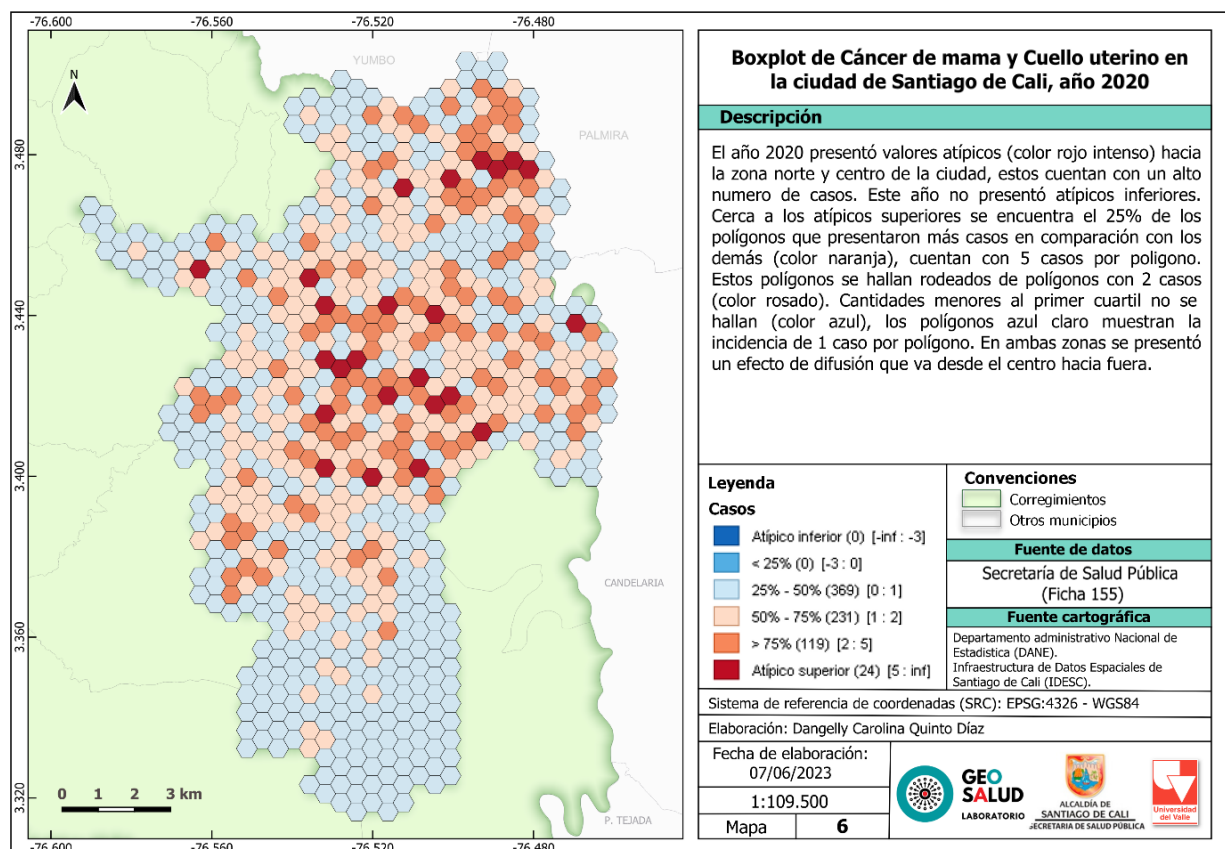
Mapa 5. Tendencia espacial de casos de Cáncer de mama y Cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali, periodo 2017-2021.



4.4 Mapa de caja o boxplot

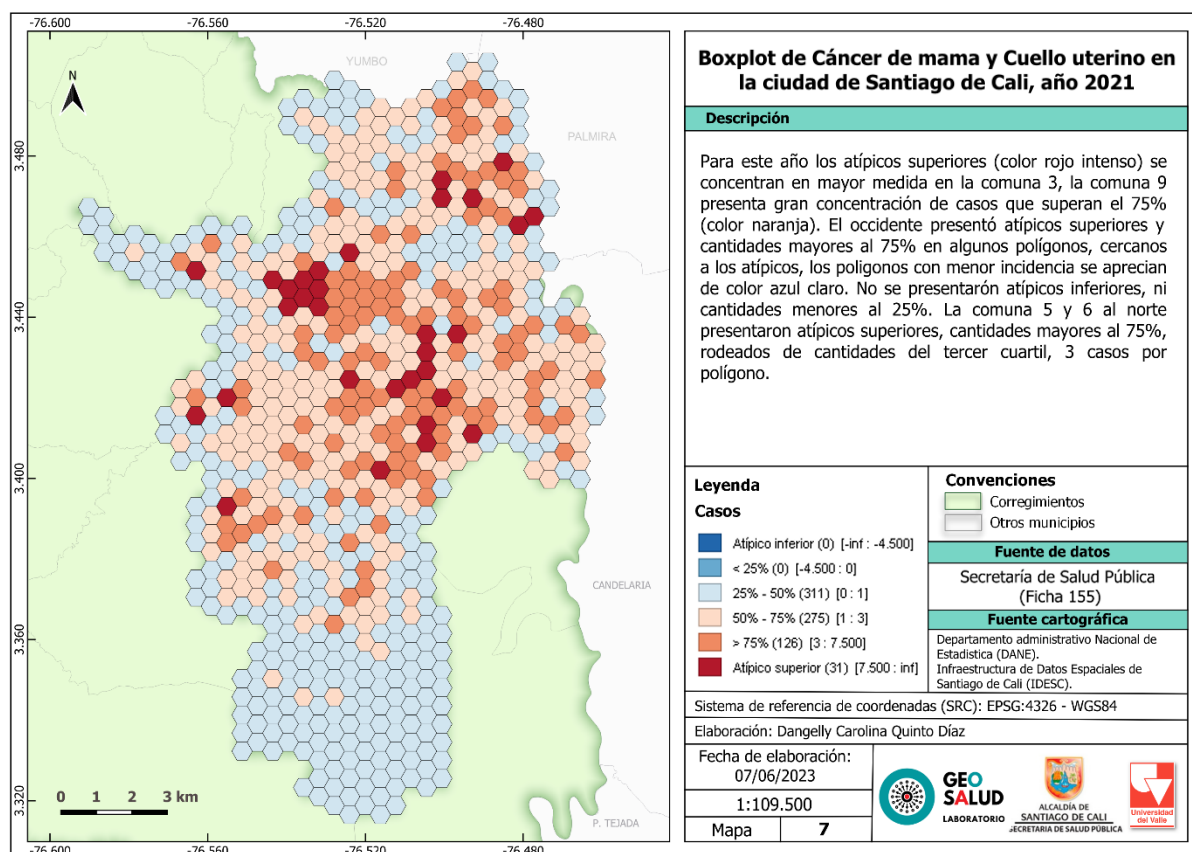
En el análisis de boxplot realizado para los años con mayor incidencia de casos, se aprecia que para el año 2020, ver **mapa 6**, las grandes concentraciones se hallaron cerca de las concentraciones del cuarto cuartil, con más casos en comparación con los demás polígonos. A medida que se aleja de las áreas con cantidades superiores (color rojo intenso) los casos tienden a disminuir. Si se comparan las áreas afectadas con los años iniciales, el oriente mostraba indicios de atención y alarma. Los atípicos superiores mostraron gran concentración de casos hacia el oriente, igualmente se aprecian los barrios Terrón Colorado y Valle Grande entre las áreas afectadas con cantidades superiores.

Mapa 6. Boxplot de Cáncer de mama y Cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali, año 2020.



Fuente: elaboración propia

Mapa 7. Boxplot de Cáncer de mama y Cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali, año 2021.

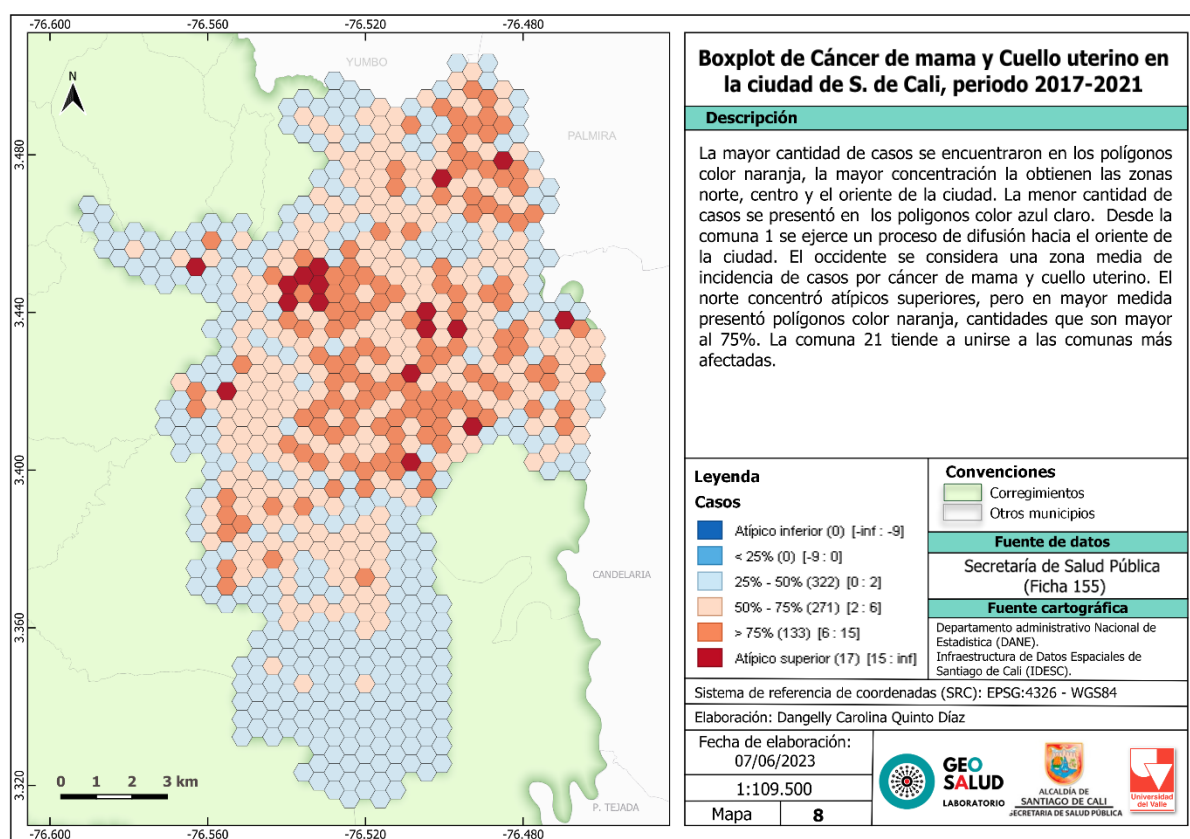


Fuente: elaboración propia

Al comparar el año 2020 con el año 2021, ver **mapa 7**, se observa que los atípicos superiores del norte, comuna 5 y 6, se desplazaron. Las áreas no pobladas al nor-occidente incrementaron su presencia con hasta 3 casos por polígono. Si los casos aumentan en estas mismas zonas, en años posteriores la zona centro y norte tienden a unirse. El sur presenta polígonos con casos mayores al 75%, la comuna 1 aumentó su concentración y aparecieron atípicos superiores hacia el occidente.

El boxplot del periodo 2017-2021, ver **mapa 8**, no presenta atípicos inferiores (color azul oscuro), tampoco cantidades menores al 25% de los casos (color azul), a lo largo de la ciudad excepto en la comuna 22 y el área de expansión, hubo gran concurrencia de polígonos con hasta 6 casos, mostrando un grado de afectación considerable, ya que podrían convertirse en las futuras áreas con mayor presencia de casos con este tipo de cáncer. Cabe mencionar que el occidente en el análisis de mortalidad del periodo 2012-2017, ver **figura 3**, fue la zona con mayor riesgo de mortalidad por cáncer de mama a excepción de las comunas 1, 18 y 20. El incremento de casos visibiliza la falla en el reconocimiento de la enfermedad en sus inicios, donde existe la posibilidad de mejorar diagnósticos a tiempo.

Mapa 8. Boxplot de Cáncer de mama y Cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali, periodo 2017- 2021



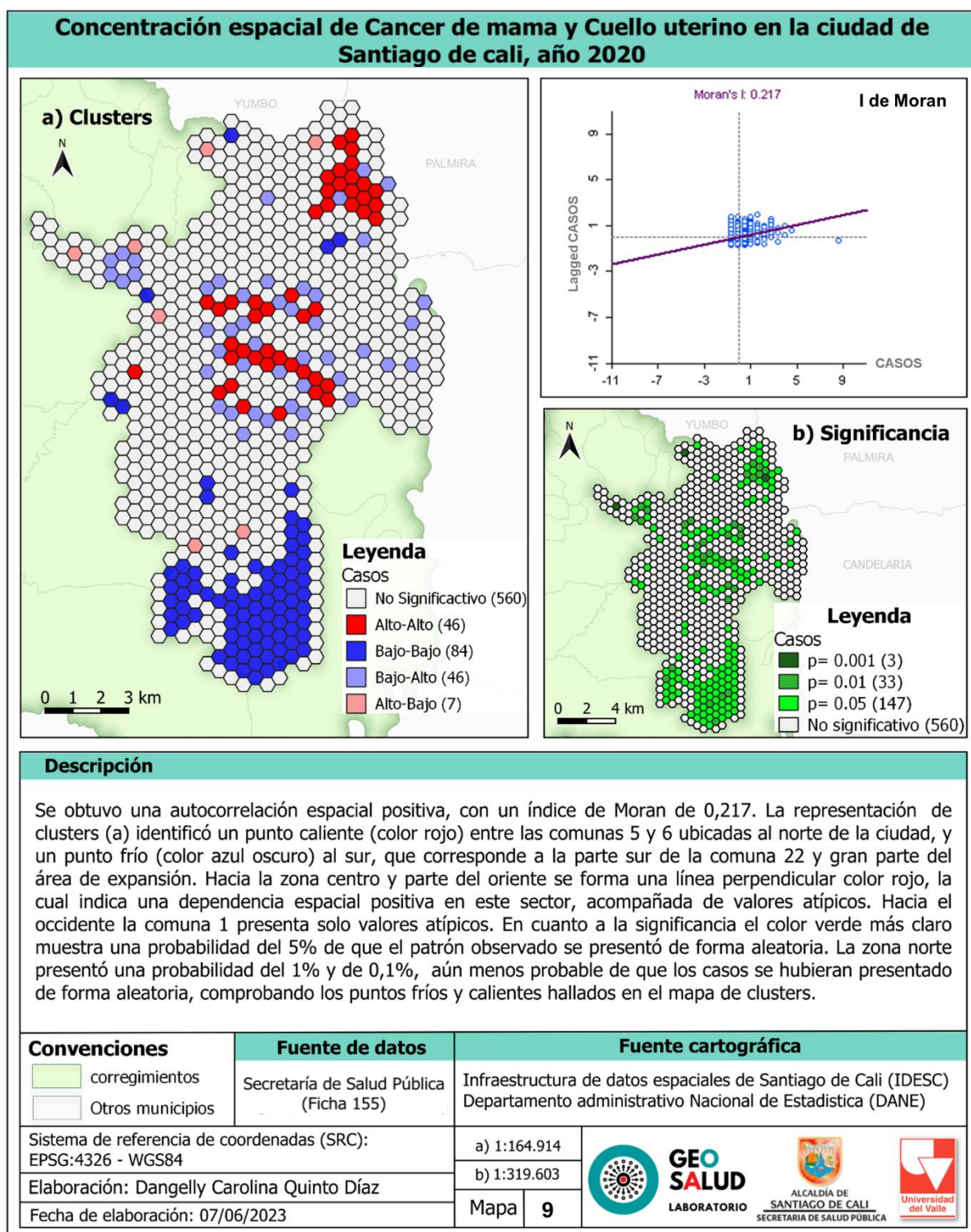
Fuente: elaboración propia

4.5 Autocorrelación espacial - I de Moran local

Se realizó el análisis de autocorrelación espacial por separado para los años 2020 y 2021, por ser los años con mayor incidencia de casos de cáncer de mama y cuello uterino, Igualmente para todo el periodo estudiado (2017-2021).

Los resultados de los indicadores locales de asociación espacial LISA muestran una dependencia espacial positiva para el año 2020, ver **mapa 9**, como se observa en el gráfico de dispersión de Moran, su valor 0,217 representó una autocorrelación espacial baja en las comunas que presentaron cáncer de mama y cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali. Al observar el mapa de clusters (a), se identifica gran parte de valores No Significativos, color gris claro, los cuales dan muestra que los valores presentes en estas comunas no se relacionan significativamente con sus vecinos más cercanos.

Mapa 9. Concentración espacial de Cáncer de mama y Cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali, año 2020.



Fuente: elaboración propia.

Así mismo, permite identificar conglomerados espaciales: hacia el norte se aprecia un punto caliente en la comuna 5 y 6 (color rojo) con valores Alto-Alto, cerca de algunos valores atípicos, con unidades Bajo-Alto (color azul claro). La misma condición presenta el centro y el oriente de la ciudad, se hallan puntos calientes, rodeados de valores bajos que se encuentran significativamente rodeados de valores >0 , atípicos, color azul claro. Las comunas 14 y 21 presentan unidades espaciales atípicas, Bajo-Alto. La comuna 21 por su parte presenta 2 tipos de valores atípicos, valores Bajo-Alto (color azul claro) y Alto-Bajo (color rosado). La zona sur muestra una dependencia espacial positiva, se presentó un punto frío con valores Bajo-Bajo, ya que no hubo reportes de casos en estas partes de la ciudad.

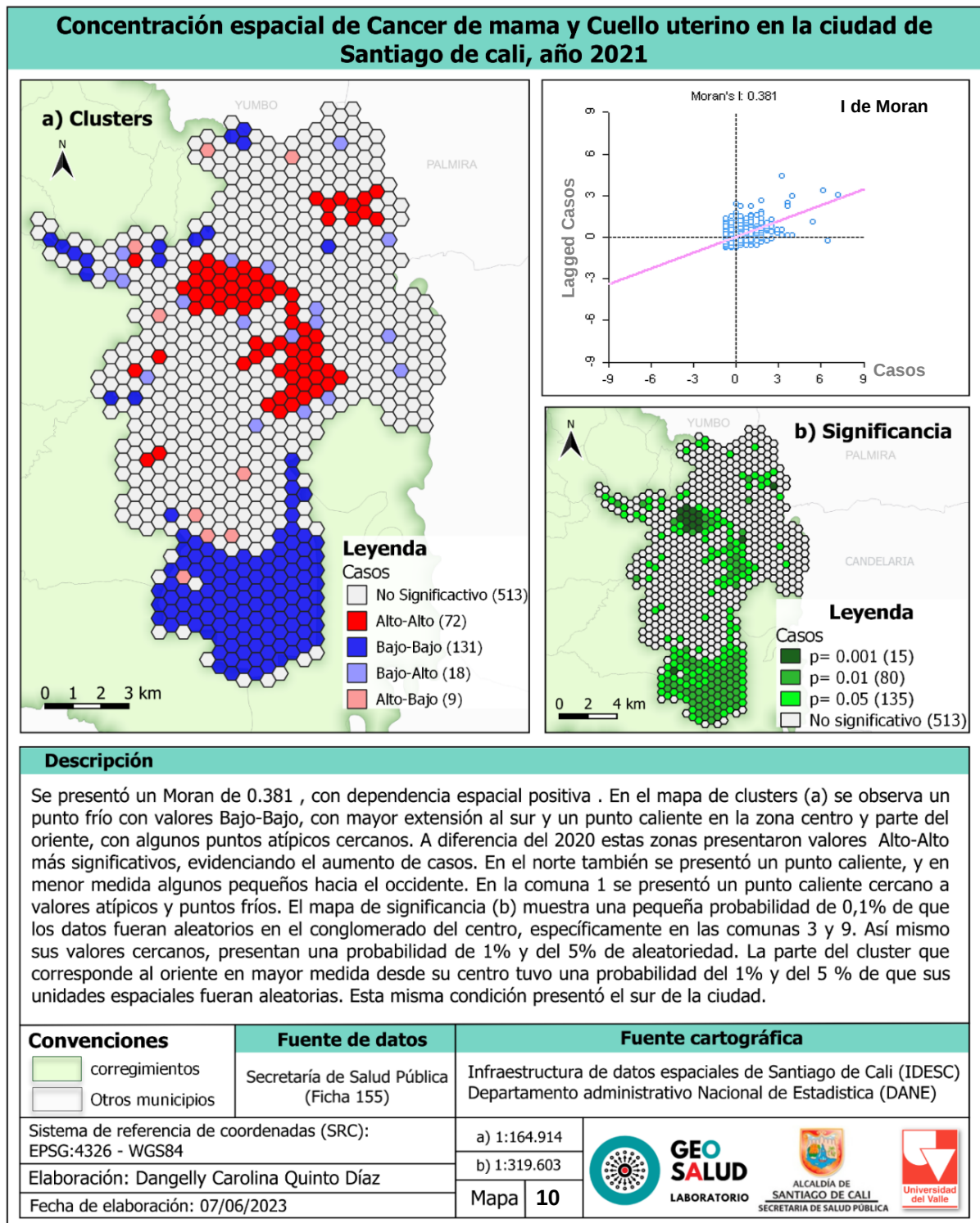
Por otra parte, al analizar la aleatoriedad espacial, el mapa de significancia (b) comprobó la ocurrencia de casos concentrados en las zonas que se han mencionado en la aplicación de los métodos gráficos.

El conglomerado del norte visto en el mapa de cluster (a) anteriormente presentó los 3 tipos de probabilidad presentes, desde el centro del conglomerado hacia afuera de este, indicó una pequeña probabilidad de que los casos se presentaron de forma aleatoria, probabilidad del 0,1%, 1%, y 5%. Los puntos de concentración hallados en la parte centro y oriente presentaron una probabilidad del 5% de que estos fueran aleatorios, igualmente sucedió con el punto frío de la zona sur de la ciudad. Lo cual evidencia concentración de datos en las zonas centro y oriente y ausencia de casos en los puntos fríos.

En cuanto al año 2021, ver **mapa 10**, el gráfico de dispersión de Moran aumentó su valor a 0.381 en comparación al obtenido en el año 2020, el mapa de clusters (a) muestra dependencia espacial positiva hacia el norte, el centro, oriente y la zona sur de la ciudad. Es notorio que las unidades espaciales o casos presentados en este año disminuyeron en la comuna 5 y 6, al norte, pero aún continúa presentando valores Alto-Alto. En la comuna 2 en la misma zona norte, se presentaron valores Alto-Bajo, atípicos donde si bien existían casos, sus vecinos próximos fueron ≤ 0 , así mismo se presentan unidades espaciales con valores Bajo-Bajo y dependencia espacial positiva, cercada de valores no significativos. Estos últimos hacen presencia mayormente en las comunas 2 y 4.

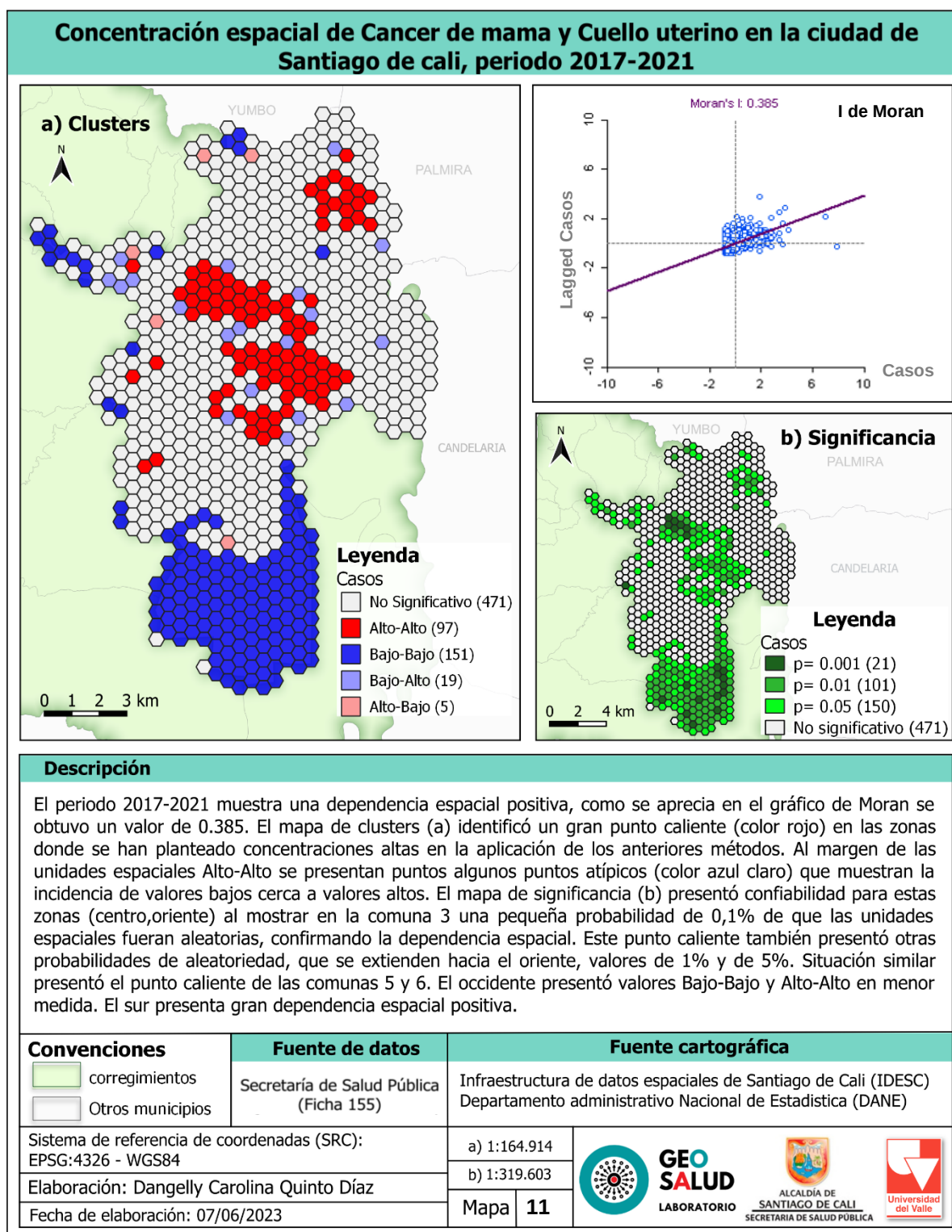
Las comunas 3,8,9,10,11,12,13 y 16 donde se presentó el punto caliente presentaron valores Altos rodeados de valores Altos (color rojo), cerca se hallaron valores atípicos (color azul claro), indicando una presencia de valores Bajos cerca de grandes concentraciones de casos. Este año presentó un gran punto frío que abarcó un poco más de área de la comuna 22. Esta área al contrastar con lo obtenido en el mapa de significancia (b) presentó una probabilidad de 5% de que los datos fueran aleatorios. No obstante, el conglomerado de las comunas mencionadas anteriormente es el que menos probabilidad tiene de que sus unidades espaciales sean aleatorias, lo cual comprueba un patrón de concentración en estas zonas.

Mapa 10. Concentración espacial de Cáncer de mama y Cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali, año 2021.



Fuente: elaboración propia

Mapa 11. Concentración espacial de Cáncer de mama y Cuello uterino en la ciudad de Santiago de Cali, periodo 2017-2021.



Fuente: elaboración propia

En el análisis de todo el período, **mapa 11**, se obtuvo un Moran de 0.385, muestra autocorrelación espacial positiva, con valores de concentración Alto-Alto (color rojo) en las comunas 3,5,6,8,9,10,11,12,13,15 y 16, si se analiza el inicio del crecimiento de los casos de cáncer de mama y cuello uterino, el cual se puede observar en el mapa anual de tendencia espacial, se halla que el incremento se dio más sobre las comunas que iniciaron a poblarse con este tipo de cáncer.

Con el punto frío obtenido, de valores Bajo-Bajo se puede inferir que durante este periodo la comuna 22 y el área de expansión fueron las más sanas ante este cáncer. Lo mismo se puede decir para el barrio Sector Patio Bonito Y Vista Hermosa en la comuna 1, al occidente de la ciudad.

La significancia de las unidades espaciales (b) rechaza la hipótesis de que estos se hayan presentado de forma aleatoria y por el contrario se están concentrando en comunas específicas de la ciudad. Sin embargo, para hallar respuesta al porqué los casos se están concentrando en estas zonas, se necesitaría ampliar el estudio e investigar los factores de riesgo que presentó la población afectada para profundizar en esta respuesta.

No obstante, en la base de datos de cáncer de mama y cuello uterino periodo 2017-2021 suministrada por la Secretaría de Salud Pública, al analizar la casilla edad e identificar las edades de los casos reportados, se apreció un crecimiento de casos a mayor edad. A partir de los 28 años este tipo de cáncer comienza a tomar más fuerza en la población femenina y decae a una edad de 80 años. Los altos diagnósticos se generaron en mujeres entre los 35 y los 69 años de edad.

Teniendo presente los anteriores rasgos se contrastó con la población femenina por comuna entre 25-79 años de edad, obtenida de la demografía de la Alcaldía de Santiago de Cali, Departamento administrativo de planeación basado en el censo 2018. Se muestra como las comunas 6 y 13 con mayor concentración de casos halladas en el presente estudio, coinciden con las comunas con mayor población femenina entre 25-79 años de edad. Sin embargo, las comunas 5, 8, 10, 11 y 16 que igualmente presentan puntos calientes en el **mapa 11**, en el análisis de población femenina por comuna presentan una concentración moderada de mujeres entre 25-79 años de edad.

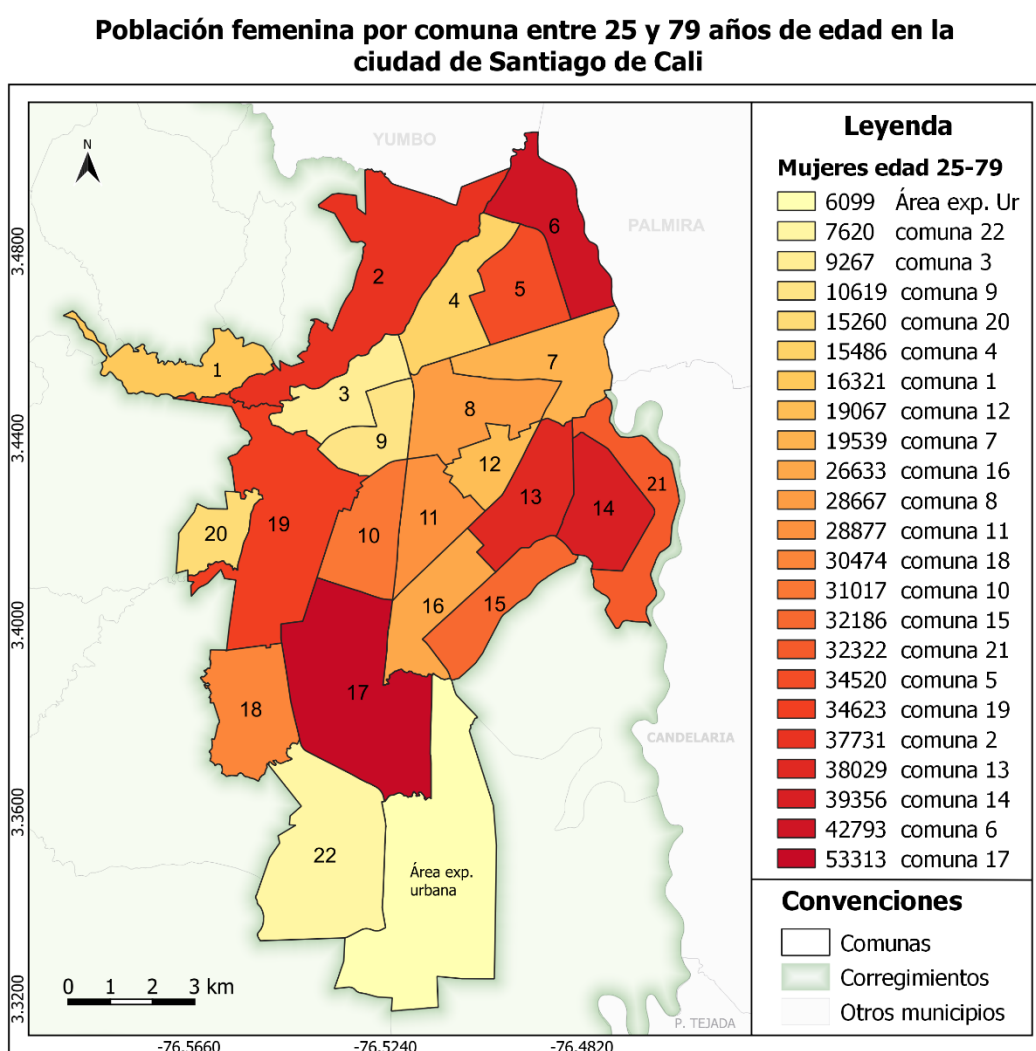
Respecto a las comunas 3 y 9, a pesar de ser las comunas que anualmente concentran altos casos de este tipo de cáncer, presentan en el análisis de edad por comuna baja población femenina entre 25 y 79 años de edad⁴⁰, ver **mapa 12**.

⁴⁰ ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. [sitio Web]. Información Censo 2018 Barrio-Comuna [archivo xls]. 25 noviembre de 2022. Hoja Barrio Quinquenales 2018 M.

De lo anterior se considera una posible relación, con la alta incidencia de casos en las comunas que concentran alta, mediana y baja población femenina entre los 25 y 79 años de edad. A diferencia de lo esperado, concentraciones altas de casos en comunas con alta población femenina entre los 25 y 79 años de edad.

Así mismo, según el contexto de crecimiento anual, se aprecia que el diagnóstico fue tardío, ya que no se descubrió un diagnóstico de sospecha a tiempo que pudo haber sido tratado y así evitar que el cáncer tomara ventaja en el cuerpo.

Mapa 12: Población femenina por comuna entre 25-79 años de edad en la ciudad de Santiago de Cali.



Fuente: elaboración propia, a partir de ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. Demografía. [sitio Web]. Información Censo 2018 Barrio-Comuna [archivo xls]. 25 noviembre de 2022. Hoja Barrio Quinquenales 2018 M.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El evento de interés en salud pública estudiado muestra su utilidad en la ciudad de Santiago de Cali, en la cual se fue explorando y aproximando a la obtención de su distribución espacial, de aquí la importancia de que los datos no sean vistos solo como cifras desalentadoras, si no vistos en el espacio, la ciudad. La cual, es una de las ciudades más pobladas del país, con alta incidencia de cáncer de mama y cuello uterino en el periodo estudiado (2017-2021). Al aplicar el primer método de densidad de Kernel se empezó apreciar una concentración en ciertos sectores de la ciudad, esta se fue mostrando con mayor grado de confiabilidad con los demás métodos aplicados y finalmente comprobados con la aplicación de la autocorrelación espacial, el cual afirma que las unidades espaciales no se hallan aleatorias donde se consideró desde un inicio las concentraciones.

De este modo se puede inferir que la asociación espacial de los casos de cáncer de mama y cuello uterino, presentados en la ciudad durante el periodo en estudio 2017-2021, son significativos y se agrupan en el espacio geográfico. En las comunas 6 y 13 hay un patrón de aglomeración de casos que coincide con la mayor presencia de población femenina entre una edad de 25 y 79 años (ver mapa 12). Estas comunas pueden ser consideradas comunas con un alto riesgo de contraer cáncer de mama y cuello uterino. En este sentido las comunas 14 y 17 a pesar de no presentar altas concentraciones de casos en el estudio pueden presentar el mismo riesgo.

Las zonas centro, oriente y parte del norte vinculadas a las comunas 3,5,6,8,9,10,11,12,13,15 y 16 con alta incidencia desfavorable, destacan los espacios de actuación, seguimiento y promoción en salud prioritaria para combatir el cáncer de mama y cuello uterino, para así unirse al cumplimiento de los objetivos mundiales. No obstante, la responsabilidad de afrontar este cáncer no solo recae en la entidad territorial que debe garantizar la salud para su población, el crecimiento de casos hace un llamado e involucra a la población femenina a realizar sus chequeos y priorizar su salud.

Por otra parte, la geografía vinculada a la salud ejerce una relación fundamental en la comprensión de fenómenos. Su importancia se la otorga el análisis espacial, que ligado a la aplicación de métodos como el ESDA promueve posibles intervenciones para mejorar el bienestar de la población con problemas de salud. Las técnicas utilizadas grafican el comportamiento de los datos, privilegian el análisis que visto en cifras numéricas no tienen el alcance de análisis esperado; mientras que poner los datos sobre el espacio, inmediatamente vincula los componentes del espacio geográfico estudiado.

La pasantía permitió aprender, comprender el contexto de un problema de salud, aplicar conocimientos adquiridos y reconocer el importante papel del geógrafo, en un campo de articulación necesario, la salud. No obstante, se hicieron notorias algunas falencias respecto al rigor del análisis espacial en la dirección de este estudio; puesto que se percibió una disonancia entre la estadística desarrollada durante la formación académica, respecto a la estadística espacial requerida en un trabajo de investigación de esta envergadura. Esta última, se considera un componente importante en el análisis exploratorio, que se encuentra ligado a los conocimientos base obtenidos en Sistemas de Información Geográfica (SIG). De aquí la importancia de que los datos sean aplicados al espacio, en el proceso estadístico-preparatorio.

Ante lo anterior se plantean algunas recomendaciones:

- ★ Iniciar un conocimiento en los SIG desde los primeros períodos académicos, para obtener mayor experiencia en el análisis espacial.
- ★ Debería haber un curso de análisis espacial o un SIG avanzado 2 que profundice en este aspecto.
- ★ Vincular los cursos de estadística tradicional con la estadística espacial.

A las entidades garantes en la salud de la población:

- ★ Seguimiento al evento de interés en salud pública, por el crecimiento de casos de cáncer de mama y cuello uterino.
- ★ Campañas de prevención que incentiven el cuidado y priorización de la salud a tiempo para diagnósticos tempranos.
- ★ Una reestructuración en la publicación de boletines del evento que incluyan análisis exploratorios en la ciudad, donde se logre transitar de las tasas y las cifras a la espacialización de la información.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO BOHÓRQUEZ, Ingrid & GÓMEZ ÁLVARES, Natalia María. Algunos Elementos para el Análisis de Datos Espaciales: Teoría y Aplicación. Trabajo de grado Maestría en Matemáticas Aplicadas. Medellín: Universidad EAFIT. Departamento de Ciencias Básicas, 2008, PP. 1-147. Disponible en: <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/133>

ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. Observatorio de cáncer de Cali. [diapositivas]. Cali: Secretaria de Salud de Cali. (S.f.). 24 diapositivas. Disponible en: https://www.cali.gov.co/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=descargas&lFuncion=descargar&idFile=41681&id_co

ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. Demografía. [sitio Web]. Información Censo 2018 Barrio-Comuna [archivo xls]. 25 noviembre de 2022. Hoja Barrio Quinquenales 2018 M. [Consultado 21 junio 2023] Disponible en: <https://www.cali.gov.co/documentos/2187/Demografia/genPagDocs=1>

ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. [sitio Web]. Cali en cifras 2021, p. 21. [Consultado 2 junio 2023]. Disponible en: <https://www.cali.gov.co/planeacion/publicaciones/137803/documentos-cali-en-cifras/>

AMERICAN CANCER SOCIETY. [Sitio Web]. Si usted tiene cáncer de seno. [Consultado 21 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.cancer.org/es/cancer/tipos/cancer-de-seno/si-usted-tiene-cancer-deseno.html#:~:text=Las%20c%C3%A9lulas%20cancerosas%20en%20el,tener%20este%20tipo%20de%20c%C3%A1ncer>

AMERICAN CANCER SOCIETY. [Sitio Web]. ¿Qué es cáncer de cuello uterino cervical?, Causas, factores de riesgo y prevención. Julio 2020. [Consultado 21 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.cancer.org/es/cancer/tipos/cancer-de-cuello-uterino/acerca/que-es-cancer-de-cuello-uterino.html>

ANSELIN, Luc. Guía GeoDa TM 0.9 Manual del usuario. [Guía en línea]. 15 junio 2003, p. 1. [Consultado 3 junio 2023]. Disponible en: <https://www.scribd.com/document/415713675/Geoda093-Esp>

ARCGIS PRO. [sitio Web]. Análisis espacial en ArcGIS Pro. ESRI. [Consultado 25 mayo]. Disponible en: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/analysis/introduction/spatial-analysis-in-arcgis-pro.htm#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20espacial%20permite%20resolver,realizar%20predicciones%20y%20tomar%20decisiones>

ARIMETRICS. [sitio Web]. Qué es Google maps. [Consultado 21 junio 2023]. Disponible en: <https://www.arimetrics.com/glosario-digital/google-maps>

BARCELLOS, Christovam; BUZAI, Gustavo y SANTANA, Paula. Geografía de la salud: bases y actualidad. En: *Salud colectiva* [en línea]. 2018, pp. 1-4. [Consultado 22 mayo 2023].doi: 10.18294/sc.2018.1763. Disponible en: <https://www.scielo.org/pdf/scol/2018.v14n1/1-4/es>

BRAY Freddie, et al. Global Cancer Statistics 2018: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. En: *ACS Journals* [En línea]. Noviembre 2018. Vol. 68, nro. 6; pp. 387-506. [Consultado 20 mayo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3322/caac.21492>

BUZAI, Gustavo. Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica. Sus cinco conceptos fundamentales. En: Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones. 1 ed. 2009, pp. 1-25. Pdf. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/296062320_Geografia_y_Sistemas_de_Informacion_Geografica_Aspectos_conceptuales_y_aplicaciones

BUZAI, Gustavo & DELFINO, Hugo. Análisis exploratorio de datos espaciales en el estudio de la relación entre el mapa social y la salud en la ciudad de Luján, Argentina. En: *Revista Geográfica del Sur*. [En línea]. Luján (Argentina): Universidad de Concepción, 2014. vol. 5, nro. 8, pp. 9-21. [Consultado: 4 junio 2023]. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/105310>

CHASCO CORO, Yrigoyen. Econometría Espacial Aplicada a la Predicción-Extrapolación de Datos Microterritoriales. Tesis Doctoral. Madrid: Comunidad de Madrid. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica. Abril 2003, pp. 333. Disponible en: <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM005618.pdf>

CORSO SICILIA, Giuseppe; PINILLA RIVERA y GALLEGO NAVARRO, Jaime. *Métodos gráficos de análisis exploratorio de datos espaciales con variables espacialmente distribuidas*. En: *Cuadernos Latinoamericanos de Administración* [en línea]. Colombia: Universidad El Bosque, Julio-diciembre 2017, vol. 13, nro. 25, pp. 92-104. [Consultado: 5 junio 2023]. ISSN 2248-6011. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4096/409655122009.pdf>

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. [sitio Web]. Bogotá: DANE. [Consulta: 2 junio 2023]. Disponible en: <https://sitios.dane.gov.co/cnpv/#/>

FERNÁNDEZ CÓRDOBA, Jhonattan & GARCÍA MILLAN, Nathalie. *Caracterización de islas frescas urbanas -IFU- en la ciudad de Santiago de Cali*. En: *Revista Entorno Geográfico*. [en línea]. Colombia: Universidad de Valle, enero-diciembre 2013, nro. 9, pp. 122-144. [Consultado: 10 octubre 2023]. ISSN: 1692-0074. Disponible en: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/e4e9aba1-2984-4a97-b3a5-cc8615d004e3/content>

GISGEOGRAPHY. [sitio Web]. Spatial Autocorrelation and Moran's I in GIS. 9 Noviembre 2022. [Consultado 22 mayo 2023]. Disponible en: <https://gisgeography.com/spatial-autocorrelation-moran-i-gis/>

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. Protocolo de Vigilancia en Salud Pública Cáncer de mama y cuello uterino [En línea]. Febrero 2016, pp. 1-39. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/Direcciones/Vigilancia/sivigila/Protocolos/PRO%20Cancer%20de%20mama%20y%20cuello%20uterino.pdf>

MADRID SOTO, Adriana & ORTÍZ LÓPEZ, Lina. Análisis y síntesis en Cartografía: algunos procedimientos [en línea]. 2005. p. 17-24. Disponible: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2864https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2864/02CAPI01.pdf?sequence=9&isAllowed=y>

MANCOMUN. [sitio Web]. QGIS: Solución de Sistema de Información Geográfica con Software Libre. Galicia: Iniciativas sobre software libre. 7 febrero 2018. [Consultado 2 junio 2023]. Disponible en: <https://mancomun.gal/novas/qgis-solucion-de-sistema-de-informacion-xeografica-con-software-libre/>

MAPPINGGIS. [Sitio Web]. Cómo crear heatmaps o mapas de calor en QGIS 3. [Consulta: 4 junio 2023]. Disponible en: <https://mappinggis.com/2018/03/como-crear-mapas-de-calor-en-qgis-3/>

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. [sitio Web]. Cáncer de mama [Consultado: 20 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer>

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. [sitio Web]. Por un futuro sin cáncer de cuello uterino: por primera vez el mundo se ha comprometido a eliminar un cáncer. [Consultado: 20 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/17-11-2020-a-cervical-cancer-free-future-first-ever-global-commitment-to-eliminate-a-cancer>

PEÑA, Jenny; PERDOMO, Lina y CUARTAS, Daniel. Geografía y salud, una visión de pasado y presente. En: Entorno Geográfico [en línea]. Santiago de Cali: Universidad del Valle, enero-diciembre 2013, nro.9. pp. 146-158. Disponible en: <https://entornogeografico.univalle.edu.co/index.php/entornogeografico/article/view/7613/10104>

PÉREZ AGUILAR, Luis. La realización de mapas de densidad para la investigación del poblamiento antiguo. El entorno del Bajo Guadalquivir (SO de España) entre los siglos II y IV d.C. como caso de análisis. En: DIGITAL.CSIC [en línea]. Mérida: Instituto de Arqueología, 2021. pp. 143-157. Disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/259977>

PINA, María, et al. Epidemiología espacial: nuevos enfoques para viejas preguntas. En: Universitas Odontológica [en línea]. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Julio-diciembre 2010, vol. 29, nro. 63; pp. 47-65. [Consultado 21 mayo 2023]. ISSN: 0120-4319. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2312/231216366007.pdf>

PRECIADO VARGAS, Mónica & ALDANA OLAVE, Armando. Análisis de presencia de islas de calor en Santiago de Cali empleando técnicas de teledetección. En: Ventana Informática [en línea]. 10 junio 2011, nro. 24, pp. 95-114. [Consultado: 10 octubre 2023]. Disponible en: <https://revistasum.umanizales.edu.co/ojs/index.php/ventanainformatica/article/view/162>

QGIS. [sitio Web]. QGIS - El SIG Líder de Código Abierto para Escritorio. [Consultado 2 junio 2023]. Disponible en: <https://qgis.org/es/site/about/index.html>

SIABATO, Willington & GUZMÁN, Jhon. La autocorrelación espacial y el desarrollo de la geografía cuantitativa. En: Cuadernos de Geografía - Revista Colombiana de Geografía [en línea]. 27 diciembre 2018, vol. 28, nro. 1, pp.1-22. [Consultado: 5 junio 2023]. Disponible: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcdg/v28n1/2256-5442-rcdg-28-01-1.pdf>

SUNG, Hyuna, et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. En: ACS Journals [En línea]. 4 febrero 2021, vol. 71, nro. 3; pp. 209-249. [Consultado 20 mayo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3322/caac.21660>

THE CENTER FOR SPATIAL DATA SCIENCE. [sitio Web]. Geoda: an introduction to spatial data analysis. En: Division of the Social Sciences. The University Chicago. {Consultado 2 junio 2023}. Disponible en: <https://spatial.uchicago.edu/geoda>

TOBLER, Wr. Una película de computadora que simula el crecimiento urbano en la región de Detroit. En: Geografía Económica [en Jstor]. Junio 1970, vol. 46, pp. 234-240. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/143141>